This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

BOSTON
MEDICAL LIBRARY
8 THE FENWAY

1801D

Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medizinischen Sozietät

in

Erlangen.

---

35. Heft.

1903.

ERLANGEN.
K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn.
1904.

Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medizinischen Sozietät

in

Erlangen.

35. Heft.

1903.

ERLANGEN.
K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn.
1904.

STON MEDICAL
JAN 4 1919
LIBRARY

JAN - 4 1919
ME C.

Inhaltsverzeichnis.

Geschäftliche Mitteilungen:

Stand der Mitglieder V

A. Ordentliche Mitglieder V

B. Ehrenmitglieder VII

C. Korrespondierende Mitglieder IX

Vorstand XII

Tauschverkehr XII

Eingelaufene Druckschriften

A. Im Tauschverkehr XIII

B. Als Geschenk XXII

Verzeichnis der in den Sitzungen vom 1. Januar 1903 bis 31. Dezember 1903 gehaltenen Vorträge XXIV

Abhandlungen und Mitteilungen aus den Sitzungsberichten 1

Inhaltsverzeichnis des wissenschaftlichen Teiles des 35. Heftes 247

Stand der Mitglieder

am 31. Dezember 1903.

55 ordentliche, 61 Ehren- und 86 korrespondierende Mitglieder.

In der folgenden Liste stehen die Abkürzungen: O.M. für ordentliches, K.M. für korrespondierendes, E.M. für Ehrenmitglied. Die Jahreszahlen beziehen sich auf die Zeit der Ernennung.

A. Ordentliche Mitglieder.

Apitzsch, H., Dr., Assistent, 1896.
Bischoff, O., Dr., kgl. Bezirksarzt, 1893.
Böttiger, A., Apotheker, 1863.
Brommer, M., Apotheker, 1885.
Busch, M., Dr., Professor, 1890.
Denker, A., Dr., Professor, 1903.
Fischer, O., Dr., Professor, 1885.
Fleischmann, A., Dr., Professor, 1886.
Fritsch, O., Dr., prakt. Arzt, 1888.
Fuchs, R., Dr., Privatdozent, 1901.
Fürnrohr, W., Dr., Assistent, 1901.
Gengler, J., Dr., Stabsarzt, 1903.
Gerhardt, D., Dr., Professor, 1903.
Gerlach, L., Dr., Professor, 1874.
Gordan, P., Dr., Professor, 1874.
Graser, E., Dr., Professor, 1884.
Gutbier, A., Dr., Privatdozent, 1899.
Hauck, L., Dr., Assistent, 1901.
Hauser, G., Dr., Professor, 1881.
Heim, L., Dr., Professor, 1897.
Heinz, R., Dr., Professor, 1899.
Heller, G., Dr., Chemiker 1901.
Henrich, F., Dr., Privatdozent, 1901.
Hermann, F., Dr., Professor, 1884.
Hetzel, W., Dr., prakt. Arzt, 1862.

Hetzel, K., Dr., prakt. Arzt, 1898.
Jamin, F., Dr., Assistent, 1903.
Jordis, E., Dr., Privatdozent, 1902.
Knebel, W. v., Dr., Assistent, 1902.
Koeberlin, H., Dr., Oberarzt, 1885.
Korff, G., Dr., Assistent, 1900.
Kryger, M. v., Dr., Professor, 1898.
Lenk, H., Dr., Professor, 1895.
Limpach, L., Dr., Hofapotheker, 1893.
Merkel, H., Dr., Privatdozent, 1903.
Noether, M., Dr., Professor, 1875.
Paal, C., Dr., Professor, 1887.
Pechuël-Loesche, E., Dr, Professor, 1895.
Penzoldt, F., Dr., Professor, 1874.
Reiger, L., Dr., Assistent, 1902.
Rosenthal, I., Dr., Professor, 1872.
Rosenthal, W., Dr., Assistent, 1903.
Schmidt, G. C., Dr., Professor, 1893.
Schulz, O., Dr., Privatdozent, 1888.
Seitz, L., Dr., Oberstabsarzt, 1902.
Solereder, H., Dr., Professor, 1900.
Specht, G., Dr., Professor, 1891.
Spuler, A., Dr., Professor, 1894.
Stoeckel, W., Dr., Privatdozent, 1903.
Strehl, K., Dr., Gymnasiallehrer, 1898.
Veit, J., Dr., Professor, 1903.
Voit, F., Dr., Professor, 1903.
Wehnelt, A., Dr., Privatdozent, 1900.
Wiedemann, E., Dr., Professor, 1886.
Würschmidt, A., Dr., Direktor der Kreisirrenanstalt, 1898.

Eingetreten sind in der Zeit vom 1. Januar 1903 bis zum 31. Dezember 1903 die Herren

A. Denker, J. Gengler, D. Gerhardt, F. Jamin, H. Merkel, W. Rosenthal, W. Stoekel, J. Veit, F. Voit.

Ausgetreten sind in derselben Zeit die Herren

Th. M. Bissinger, M. Blanckenhorn, L. Finckh, R. Fleischer, L. R. Müller, H. Ratz, A. v. Strümpell, K. Weinbrenner.

Die Gesellschaft verlor durch den Tod ihr ordentliches Mitglied A. Gessner.

B. Ehrenmitglieder.

Ihre Königliche Hoheit Dr. Therese Prinzessin von Bayern, 1903.
Seine Königliche Hoheit Dr. Karl Theodor Herzog in Bayern, 1888.
Baeyer, A. v., Professor der Chemie, München, 1883.
Berthelot, M. P. E., Professor der Chemie, Paris, K.M. 1860, E.M. 1895.
Boltzmann, L., Professor der Physik, Wien, 1897.
Branco, W., Professor der Geologie, Berlin, 1903.
Bütschli, O., Professor der Zoologie, Heidelberg, K.M. 1897, E.M. 1899.
Cremona, Luigi, Direktor der Scuola per gli Ingegneri, Rom, 1896.
Ehlers, E., Professor der Zoologie, Göttingen, O.M. 1869, E.M. 1874.
Engelmann, Th. W., Professor der Physiologie, Berlin, KM. 1899, E.M. 1903.
Eversbusch, O., Professor der Augenheilkunde, München, O.M. 1886, E.M. 1901.
Exner, S, Professor der Physiologie, Wien, K.M. 1901, E.M. 1903.
Fischer, E., Professor der Chemie, Berlin, O.M. 1882, K.M. 1886, E.M. 1895.
Flemming, W., Professor der Anatomie, Kiel, K.M. 1888, E.M. 1901.
Goebel, K., Professor der Botanik, München, K.M. 1901, E.M. 1903.
Golgi, C., Professor der allgemeinen Pathologie, Pavia, K.M. 1895, E.M 1903.
Groth, P, Professor der Mineralogie, München. K.M. 1888, E.M. 1903.
Haeckel, E., Professor der Zoologie, Jena, 1903.
Hensen, V., Professor der Physiologie, Kiel, 1901.
Hering, E., Professor der Physiologie, Leipzig, K.M. 1897, E.M. 1903.
Hertwig, O., Professor der Anatomie, Berlin, K.M. 1889, E.M. 1899.
Hilger, A., Professor der Chemie, München, O.M. 1872, E.M. 1893.
Hoff, J. H. van't, Professor der Chemie, Berlin, 1902.
Jordan, Camille, Professor der Mathematik, Paris, 1897.
Kohlrausch, F., Professor, Präsident der physik.-techn. Reichsanstalt, Charlottenburg, K.M. 1883, E.M. 1896.
Klein, F., Professor der Mathematik, Göttingen, O.M. 1872, E.M. 1875.

Koch, R., Direktor des Institutes für Infektionskrankheiten, Berlin, K.M. 1883, E.M. 1895.
Kölliker, A. v., Exzellenz, Professor der Anatomie, Würzburg, K.M. 1851, E.M. 1883.
Leber, Th., Professor der Augenheilkunde, Heidelberg, 1899.
Leube, W. v., Professor der Medizin, Würzburg, O.M. 1863, E.M. 1886.
Leyden, E. v., Professor der Medizin, Berlin, 1902.
Lister, J., Professor der Chirurgie, London, 1883,
Marey, E. J., Professor der Physiologie, Paris, 1878.
Michel, J. v., Professor der Augenheilkunde, Berlin, O.M. 1873, K.M. 1878, E.M. 1895.
Moissan, H., Professor der Chemie, Paris, 1903.
Ostwald, W., Professor der physikal. Chemie, Leipzig, K.M. 1895, E.M. 1897.
Pfeffer, W., Professor der Botanik, Leipzig, 1901.
Ramsay, W., Professor der Chemie, London, 1903.
Recklinghausen, F. v., Professor der path Anatomie, Strassburg i. E., 1896.
Retzius, G., Professor der Anatomie, Stockholm, K.M. 1895, E.M. 1901.
Richthofen, F. Freiherr von, Professor der Geographie, Berlin, K.M. 1883, E.M. 1903.
Rindfleisch, G. E. v., Professor der path. Anatomie, Würzburg, K.M. 1883, E.M. 1899.
Röntgen, C. v., Professor der Physik, München, K.M. 1889, E.M. 1897.
Rothmund, A. v., Professor der Augenheilkunde, München, K.M. 1887, E.M. 1900.
Sattler, H., Professor der Augenheilkunde, Leipzig, O.M. 1879, K.M. 1886, E.M. 1895.
Sämisch, O., Professor der Augenheilkunde, Bonn, K.M. 1887, E.M. 1899.
Schuster, A., Professor der Physik, Manchester, 1903.
Schweigger, C., Professor der Augenheilkunde, Berlin, 1900.
Schwendener, S., Professor der Botanik, Berlin, 1901.
Strasburger, E., Professor der Botanik, Bonn, K.M. 1883, E.M. 1903.
Strümpell, A. v., Professor der Medizin, Breslau, O.M. 1886, E.M. 1903.
Thomson, J. J., Professor der Physik, Cambridge, 1903.

Thomson, Sir W., Lord Kelvin, Professor der Physik, Glasgow, 1878.
Voit, C. v., Professor der Physiologie, München, K.M. 1863, E.M. 1883.
Waldeyer, W., Professor der Anatomie, Berlin, 1897.
Weber, H., Professor der Physik, Braunschweig, 1899.
Weber, H., Professor der Mathematik, Strassburg i. E., 1900.
Weismann, A., Professor der Zoologie, Freiburg i. Br., 1897.
Zehender, W. v., Professor der Augenheilkunde, Eutin, 1899.
Zeuthen, H. G., Professor der Mathematik, Kopenhagen, 1901.
Zweifel, P., Professor der Gynäkologie, Leipzig, O.M. 1876, E.M. 1887.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihre Ehrenmitglieder C. Gegenbaur, A. Rollet, K. A. v. Zittel.

C. Korrespondierende Mitglieder.

Arnold, J., Professor der path. Anatomie, Heidelberg, 1896.
Arrhenius, S., Professor der Physik, Stockholm, 1895.
Auwers, K., Professor der Chemie, Greifswald, 1897.
Bauer, G., Professor der Mathematik, München, 1889.
Bäumler, Ch., Professor der Medizin, Freiburg i. Br., O.M. 1872, K.M. 1874.
Bertoni, G., Professor der Chemie, Livorno, 1895.
Blanckenhorn, M., Privatdozent, Pankow-Berlin, O.M. 1890, K.M. 1903.
Bokorny, Th., Gymnasial-Professor, München, O.M. 1888, K.M. 1896
Boström, E., Professor der path. Anatomie, Giessen, O.M. 1879, K.M. 1881.
Brill, A. v., Professor der Mathematik, Tübingen, 1894.
Buchner, Ed., Professor der Chemie, Berlin, 1897.
Chiari, H., Professor der path. Anatomie, Prag, 1897.
Curtius, Th., Professor der Chemie, Heidelberg, O.M. 1886, K.M. 1896.
Dejerine, J., Professor, Médecin de l'hospice de Bicêtre, Paris, 1895.
Delpino, F., Professor der Botanik, Neapel, 1875.
Duncan, M., Professor der Gynäkologie, London, 1883.
Ebert, H., Professor der Physik, München, O.M. 1887, K.M. 1894.
Eberth, C., Professor der path. Anatomie, Halle a. S., 1895.
Ebner, V. v., Professor der Histologie, Wien, 1901.

BOSTON
MEDICAL LIBRARY
8 THE FENWAY

1801D

Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medizinischen Sozietät

in

Erlangen.

---

35. Heft.

1903.

ERLANGEN.
K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn.
1904.

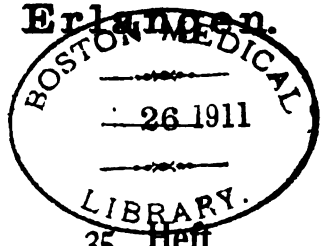
Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medizinischen Sozietät

in

Erlangen.



35. Heft.

1903.

ERLANGEN.
K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn.
1904.

Frauenfeld, Thurgauische Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen 15 (1902).

Freiburg i. B., Naturforschende Gesellschaft: Berichte 13 (1903).

Fulda, Verein f. Naturkunde: Bericht.

St. Gallen, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Bericht.

Genf, Société de Physique et d'Histoire Naturelle: Compte rendu 19 (1902).

Gent, Kruidkundig Genootschap Dodonaea: Jaarboek.

Genua, Accademia Medica: Bollettino.

— Museo Civico di Storia Naturale: Annali.

Giessen, Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde: Bericht.

Görlitz, Naturforschende Gesellschaft: Abhandlungen.

Göteborg, Kgl. Vetenskaps- och Vitterhetssamhälle: Handlingar.

Göttingen, Gesellsch. der Wissenschaften: Nachrichten, Math.-phys. Kl. 1902, Nr. 6. 1903, Nr. 1—5. — Geschäftliche Mitteilungen 1902, Nr. 2.

Graz, Verein der Ärzte in Steiermark: Mitteilungen 40 (1903), Nr. 2—12.

— Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: Mitteilungen 1902.

Greifswald, Naturwissenschaftl. Verein für Neu-Vorpommern und Rügen: Mitteilungen 34 (1902) und Jahrg. 1—7.

Haarlem, Musée Teyler: Archives Sér. II, Vol. 8, Nr. 2. 3.

Halifax, New Scotian Institute of Science: Proceedings and Transactions X, Nr. 3. 4.

Halle a. S., Kaiserl. Leopoldino-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher: Leopoldina 38 (1902), Nr. 12. 39 (1903), Nr. 1—11.

— Naturforschende Gesellschaft: Bericht.

— Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen: Zeitschrift für Naturwissenschaften 75, Nr. 1—6. 76, Nr. 1. 2.

Hamburg, Naturwissenschaftlicher Verein in Hamburg-Altona: Verhandlungen III. Folge, 10. — Abhandlungen XVIII.

— Verein für naturwissenschaftl. Unterhaltung: Verhandlungen.

Hanau, Wetterauische Gesellschaft für die gesamte Naturkunde: Bericht. — Kern, Carl: 1. Nachtrag z. Katalog d. Bibliothek der Wetterauischen Ges. 1902.

Hannover, Naturhistorische Gesellschaft: Jahresbericht.

Heidelberg, Naturhistorisch-Medizinischer Verein: Verhandlungen.

Helsingfors, Societas pro Fauna et Flora Fennica: Acta. — Meddelanden. — Herbarium Musei Fennici Meddelanden.

— Societas Scientarium Fennica: Acta. — Bidrag till kännedom of Finlands Natur och Folk. — Öfversigt. — Observat. publiées par l'Institut Météorologique Central.

— Société Finlandaise de géographie: Meddelanden.

Jekaterinburg, Société Ouralienne de Médecine: Mémoires.

Innsbruck, Naturwissenschaftlich-Medizin. Verein: Berichte.

Jurjew, Naturforschende Gesellschaft: Archiv für die Naturkunde Liv., Esth- und Kurlands. Ser. II Bd. 12, 2. — Sitzungsberichte XIII, 1. — Schriften 10 (1902).

Karlsruhe, Naturwissenschaftlicher Verein: Verhandlungen 16.
Kasan, Société Physico-Mathématique: Bulletin Sér. II, T. 12, Nr. 2—4. T. 13, Nr. 1. 2.
Kassel, Verein für Naturkunde: Abhandlungen und Berichte.
Kiel, Naturwissenschaftlicher Verein in Schleswig-Holstein: Schriften XII, 2.
Kiew, Société des Naturalistes: Mémoires 17, 2.
Klausenburg, Siebenbürgischer Museumsverein: Sitzungsberichte Abt. I, 24, 1—3. II, 24, 1—3.
Königsberg i. Pr., Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft: Schriften 43 (1903).
Kopenhagen, K., Danske Videnscabernes Selskab: Oversigt 1902, Nr. 6. 1903, Nr. 1—5.
— Naturhistorisk Forening: Meddelelser 1902/03.
— Medicinske Selskab: Forhandlinger 1902/03.
La Haye, Société Hollandaise des Sciences: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles Sér. II. 8, Nr. 1—5.
Lancaster & New-York, American Mathematical Society: Bulletin Sér. 2 vol. IX, 4—10. X, 1—3. Register 1903.
Landshut, Botanischer Verein: Bericht.
La Plata, Facultad de Agronomia y Veterinaria: Revista.
Lausanne, Société Vaudoise des Sciences Naturelles: Bulletin 145. 146. 147. — Observations météorologiques faites à la Station météorologique du Champ de-l'Air. Institute agricole de Lausanne 15 (1901). 16 (1902).
Lawrence, Kansas University Quarterly X, 4. XI., 1—12.
Leipzig, Jablonowskische Gesellschaft: Jahresbericht.
— Naturforschende Gesellschaft: Sitzungsberichte.
— Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-Physikal. Klasse: Berichte 1902, Nr. 6. 7. 1903, Nr. 1—5.
— Medizinische Gesellschaft: Berichte. — Verhandlungen 1902.
Linz, Museum Francisco-Carolinum: Jahresbericht 61, 1903 nebst den Beiträgen zur Landeskunde von Österreich o. d. Enns, Liefrg. 55.
London, Nature Nr. 1733—1784.
— Mathematical Society: Proceedings 795—819. II. Ser. vol. I, Nr. 1—3. — List of Members. — Financ. Report 1901/02.
— Royal Society: Proceedings 470—486. — Transactions Ser. A, 1903 vol. 201. 202. 203, p. 1—42. Ser B, 1903, vol. 196, p. 1—294. — List of Members. — Year-Book. — Record. — Reports to the Malaria Committee, Ser. 8. — Reports to the Evolution Committee. — Reynolds. Osb.: The sub — mechanics of the universe, Cambridge 1903. — Reports of the Sleeping Sickness Commission Nr. 1—4.
Lüneburg, Naturwissenschaftlicher Verein für das Fürstentum Lüneburg: Jahreshefte.
Lüttich, Société Royale des Sciences de Liége: Mémoires.
Luxenburg, Institut Grand Ducal, Section des Sciences Natur. Mathém.: Publications.

Luxemburg, Société Botanique du Grand-Duché de Luxembourg: Recueil.
Luzern, Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen.
Madison (Wisc.), Wisconsin Academy of Sciences, Arts, and Letters: Transactions.
— Wisconsin Geological and Natural History Survey: Bulletin 1—3. 5—7, 1. 8. 28. 29. 35. 37. 41. 42. 43. 64. 66. 77. 92—94.
Magdeburg, Naturwissenschaftlicher Verein: Jahresbericht und Abhandlungen.
Mailand, Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere: Rendiconti 35 (1902). 36 (1903), Nr. 1—16. Indice gener. dei lavori 1889—1900.
— Società Italiana di Scienze Naturali: Atti. — Memorie.
Manchester, The Manchester Literary & Philosophical Society: Memoirs and proceedings 47 (1902/03), Nr. 2—6.
Marburg, Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften: Sitzungsberichte 1902.
Marseille, Faculté des Sciences: Annales XIII.
Melbourne, Royal Geographical Society of Australasia: Transactions.
Meriden, Scientific Association: Transactions.
Mexico, Instituto geológico de México: Boletín.
Milwaukee (Wisc.), Public Museum of the City: Report.
— Natural History Society: Bulletin 2 (1902), Nr. 4.
Minneapolis, Geological and Natural Survey of Minnesota: Bulletin. — Report.
Missoula (Montana): Bulletin of the University of Montana. Biological Ser. Nr. 2. 3 (= Bulletin Nr. 7. 10.) — Geological Ser. Nr. 1. (= Bulletin Nr. 17).
Montevideo, Museo Nacional: Anales, Fasc. Tom. V, pag. I—XLVIII, 1—160.
Moskau, Société Impériale des Naturalistes: Bulletin 1902, Nr. 3. 4. 1903, Nr. 1.
München, Gesellschaft für Morphologie und Physiologie: Sitzungsberichte XVIII (1902), Nr. 1. 2.
— Ärztlicher Verein: Sitzungsberichte 12 (1902).
— Wochenschrift für Tierheilkunde und Viehzucht.
— Deutsche Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte: Korrespondenzblatt 33 (1902), Nr. 11. 12. 34 (1903), Nr. 1—10.
— Ornithologischer Verein: Jahresbericht.
Münster i. W., Westfäl. Provinzial-Verein für Wissenschaft und Kunst: Jahresbericht.
Neapel, Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche (Sezione della Società Reale di Napoli): Rendiconto 41 (Ser. III. Vol. 8), Nr. 8—12. 42 (Ser. III. vol. 9), Nr. 1—7.
— Annali di Nevrologia 20 (1902), Nr. 4—6. 21 (1903), Nr. 1—4.
— Zoologische Station: Mitteilungen 15 (1901), Nr. 4. 16 (1902), Nr. 1. 2.
Neuchâtel: Société des Sciences Naturelles: Bulletin.
New York, Academy of Sciences: Annals. — Memoirs. — Transactions.
— siehe Lancaster.

Nürnberg, Medizinische Gesellschaft u. Poliklinik: Jahresbericht 1902. — Sitzungsberichte 1902. — Die Nürnberger Medizinische Gesellschaft u. Poliklinik 1878—1902.
— Naturhistorische Gesellschaft: Abhandlungen XV.
— Ärztlicher Lokalverein: Sitzungsberichte 1902.
— Germanisches Nationalmuseum: Anzeiger 1902, Nr. 1—4. 1903, Nr. 1. — Mitteilungen 1902, Nr. 1—4.
Odessa, Société des Naturalistes de la Nouvelle Russie: Mémoires 24 (1901), Nr. 2.
Offenbach, Verein für Naturkunde: Bericht.
Osnabrück, Naturwissenschaftlicher Verein: Jahresbericht. 15, 1901/02.
Palermo, Circolo Matematico: Annuario. — Rendiconti 17 (1903), Nr. 1—6.
Paris, Société de Biologie: Comptes rendus et Mémoires 1902, Nr. 37. 1903, Nr. 1—37.
— Société Linnéenne: Bulletin.
— Société Zoologique de France: Bulletin 27 (1902).
— Société Française de Physique: Ordre du jour Nr. 189—193. 195—201. 203. — Bulletin 1902: 3. 4. 1903: 1. 2.
Passau, Naturhistorischer Verein: Bericht.
Perugia, Università, Facoltà di medicina: Annali Ser. III, vol. II, 1. III, 1.
Petersburg, Académie des Sciences: Bulletin Sér. 5, Tome XVI, Nr. 4. 5. XVII, Nr. 1—4.
— Hortus Petropolitanus: Acta.
— Hortus Universitatis: Scripta.
— Société des Naturalistes: Section de Botanique, Bulletin. — Comptes rendus 1902, Nr. 4—8. 1903, Nr. 1—5.
— Section de Botanique, Travaux 32, 3. 33. — Section de Géologie et de Minéralogie, Travaux. 31 (1903), Nr. 5. — Section de Zoologie et de Physiologie, Travaux 33, 2.
— Société physico-chimique russe: Journal 34 (1902), Nr. 9. 35 (1903), Nr. 1—8. — Protokoly 1903, Nr. 1—9.
Philadelphia, Academy of Natural Sciences: Proceedings 1902, Nr. 2. 3. 1903, Nr. 1.
— College of Physicians: Transactions. Ser. 3, vol. 24.
— Wagner Free Institute of Science: Transactions.
— American Philosophical Society: Proceedings 171—173. — List of members 1902.
Pisa, Scuola Normale Superiore (Scienze Fisiche e Matematiche): Annali.
Prag, Königlich Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften: Jahresbericht 1902. — Sitzungsberichte (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse) 1902. — Doppler, Christian: Über das farbige Licht der Doppelsterne. Prag 1903.
— Lese- und Redehalle der deutschen Studenten: Bericht 1902.
— Deutscher naturwissenschaftlich-medizinischer Verein für Böhmen „Lotos“: Sitzungsberichte 1898 (N. F. 18).

Regensburg, Naturwissenschaftlicher Verein: Berichte 9, 1901/02.
Riga, Naturforscher-Verein: Korrespondenzblatt 46. — Arbeiten.
Rio de Janeiro, Museu Nacional: Archivos.
Rochester, Academy of Sciences: Proceedings IV, pag 65—136.
Rom, Accademia dei Lincei: Rendiconti (Classe di Scienze Fisiche etc.) XI, Sem. II, Nr. 12. XII, Sem. I, Nr. 1—12. Sem. II, Nr. 1—11. — Rendiconto dell' adunanza solenne.
— Accademia Medica: Bullettino.
— Gazzetta Chimica Italiana 32 (1902), II, Nr. 4—6. 33 (1903), I, Nr. 1—6. II, Nr. 1—4.
St. Louis, Missouri Botanical Garden: Report.
Salem, Essex Institute: Naturalist. — Bulletin.
San Francisco, California Academy of Sciences: Proceedings.
Santiago, Société Scientifique du Chile: Actes 12 (1902), Nr. 1. 2.
— Deutscher Wissenschaftlicher Verein: Verhandlungen.
Stockholm, Svenska Vetenskaps-Akademie: Bihang 28, Nr. 1—4. — Handlingar 36 (1902/03). 37 (1903), Nr. 1. 2. — Öfversigt af Förhandlingar 59, (1902) — Entomologiska Förening: Tidskrift. — Arkiv för Botanik 1, 1—3. — Arkiv für Matematik, Astronomi och Fysik 1, 1—2. — Arkiv för Kemi, Mineralogie och Geologi 1, 1. — Arkiv för Zoologi 1, 1—2. — Årsbok 1903.
Straßburg, Gesellschaft der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unterelsaß: Monatsberichte 36, Nr. 1—10.
Stuttgart, Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg: Jahreshefte 59 (1903) und Beilage.
Thorn, Coppernicus-Verein für Wissenschaft u. Kunst: Mitteilungen. — Jahresbericht. — Katalog der Bibliothek des Coppernicus-Vereins 1903.
Tokio, Medizinische Fakultät der Kaiserl. Japanischen Universität: Mitteilungen V, Nr. 4. VI, 1.
Toulouse, Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres: Mémoires X, 2. — Bulletin.
Triest, Museo Civico di Storia Naturale: Atti X.
— Società Adriatica di Scienze Naturali: Bollettino.
Tufts College (Mass.): Studies.
Turin, R. Accademia delle Scienze (Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali): Atti 37 (1901/02), Nr. 6—15. 38 (1902/03), Nr. 1—15. — Memorie Ser. II, Vol. 52. 53. — Osservazioni Meteorologiche 1902—03.
Ulm, Verein für Mathematik u. Naturwissenschaften: Jahreshefte.
Upsala, Läkareförening: Förhandlingar N. F. VIII, Nr. 2—8. IX, Nr. 1.
Utrecht, Provincial Utrechtsch Genootschap: Aanteekeningen 1903. Verslag 1903.
Washington, National Academy of Sciences: Memoirs VIII, 7.
— Smithsonian Institution: Miscellaneous Collections. — Report 1265. 1267—1270. 1273. 1276—1279. 1281. 1297. 1301. 1318.

1820—1822. 1324—1332. 1349. 1351. 1356. 1358. — Bulletin of the Philosoph. Society. XIV, pag. 205—282.

Washington, Library of the Surgeon Generals Office: Index-Catalogue.

— U. S. National Museum.

— United States Geological Survey: Monographs vol. 42. 43. — Mineral Resources of the U. S. Calendar Year 1901. — Water-Supply and irrigation Papers Nr. 65—79. — Bulletin 191. 195—201. 203—207. — Professional Paper Nr. 1—8. Report 22 (1900/01), Nr. 1—4. 23 (1901/02).

Wernigerode, Naturwissenschaftl. Verein des Harzes: Schriften.

Wien, Akademie der Wissenschaften (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse): Sitzungsberichte. Abt. I: 110 (1901), Nr. 8—10. 111 (1902), Nr. 1—9. Abt. II^a: 111 (1902), Nr. 1—10. Abt. II^b: 110 (1901), Nr. 10. 111 (1902), Nr. 1—10. Abt. III: 111 (1902), Nr. 1—10. Register XV. — Sitzung der mathem.-naturw. Kl. 1903, Nr. 1—24. Mitteilungen d. prähistor. Comm. d. kais. Akad. d. Wiss. — Mitteilungen der Erdbeben-Kommission d. Kais. Akad. d. Wiss. N. F. Nr. 1—13.

— Zoolog.-Botanische Gesellschaft: Verhandlungen 52 Nr. 1—10.

— Naturhistorisches Hofmuseum: Annalen 18 (1903), Nr. 1—3.

Wien, Geologische Reichsanstalt: Jahrbuch 51 (1901), Nr. 3. 4. 52 (1902), Nr. 2—4. 53 (1903), Nr. 1. — Verhandlungen 1902, Nr. 11—18. 1903, Nr. 1—15.

— Naturwissenschaftl. Verein an der Universität: Mitteilungen 1903, Nr. 1—8.

— Verein z. Verbreit. naturwissenschaftl. Kenntn.: Schriften.

Wiesbaden, Nassauischer Verein für Naturkunde: Jahrbücher 56 (1903).

Winterthur, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Mitteilungen Heft I—IV (1897—1902.)

Würzburg, Physikal.-Mediz. Gesellschaft: Sitzungsber. 1902, Nr. 1—6. — Verhandlg. 35, Nr. 4—8.

Zürich, Naturforschende Gesellschaft: Neujahrsblatt. — Vierteljahrschrift 47 (1902), Nr. 1—4. 48 (1903), Nr. 1. 2.

Zwickau, Verein für Naturkunde: Jahresbericht 1901.

B. als Geschenk.

Marchand, F.: Beobachtungen an jungen menschlichen Eiern. S.-A. aus d. anatom. Heften, hrsg. v. Merkel und Bonnet Heft 67. Wiesbaden 1903.

— Über das Hirngewicht des Menschen. Abhandlungen d. math.-phys. Kl. d. k. Sächs. Ges. d. Wiss. Bd. 27, Heft 4. Lpz. 1902.

Clemm, Walther Nik.: Die Gallensteinkrankheit. Berlin 1903.

Kollmann, J.: Die Gräber von Abydos. (S.-A. aus d. Korresp.-Bl. d. Dtsch. anthrop. Ges. 1902, Nr. 11. 12).

Kollmann, J.: Die Pygmäen u. ihre systemat. Stellung innerhalb des Menschengeschlechts. S.-A. aus d. Verh. d. Naturf. Ges. i. Basel Bd. XVI. 1902.

Lépine, R. et Boulud: Sur l'acide glycuronique du sang. (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie der Sc. t. 136, p. 1037).

Zehender, W. von: Zur Abwehr einer Kritik des Herrn Storch. (S.-A. aus: Zeitschrift f. Psychologie u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 30, p. 433 f).

Neger, F. W.: Die Handelspflanzen Deutschlands (=Chemisch-technische Bibliothek Bd. 268.) Wien u. Leipz. Hartleben. Rez.-Expl., vom Verleger zugesandt.

Fick, Adolf: Gesammelte Schriften. Bd. I. Würzburg 1903.

Blanckenhorn, Max: Geologie u. Topographie der näheren Umgebung Cassels. S.-A. aus: Festschrift z. 75. Versig. dtsch. Naturf. u. Ärzte in Cassel 1903.

— Über das Vorkommen von Phosphaten, Asphaltkalk, Asphalt u. Petroleum in Palästina u. Ägypten. S.-A. aus: Zeitschrift f. prakt. Geologie XI, 1903, Heft 8.

Wislicenus, Wilh.: Die Lehre von den Grundstoffen. Tübingen 1903.

Fröhlich, Carl: Die Odonaten u. Orthopteren Deutschlands mit besonderer Berücksichtigung der bei Aschaffenburg vorkommenden Arten. IV. Mitteilung des naturwiss. Vereines zu Aschaffenburg hrsg. z. Feier seines 25jährigen Bestehens. Jena 1903.

Noble, Charles P.: The significance of the temperature in the diagnosis of extra-uterine pregnancy during the period of collapse from hemorrhage. (Repr. fr. The Philadelphia Medical Journal Febr. 7, 1903).

— A study of the degenerations and complications of fibroid tumors of the uterus from the standpoint of the treatment of these growths. (Repr. fr . Amer. Gynecol., April 1903).

Lundborg, Herman: Die progressive Myoklonus-Epilepsie (Unverricht's Myoklonie). Upsala 1903.

Bulletin of the Lloyd Library of Botany, Pharmacy and materia medica. J. U. & C. G. Lloyd, Cincinnati, Ohio. (Bulletin Nr. 6, 1903).

Kollmann, J.: Die in der Höhle vom Dachsenbüel gefundenen Skelettreste des Menschen. (S.-A. aus d. Denkschriften d. Schweiz. Naturf. Ges. XXXIX.)

Blanckenhorn, Max: Oberpliocän mit Mastodon arvernensis auf Blatt Ostheim vor der Rhön. (S.-A. aus d. Jahrb. d. k. Preuss. Geol. Landesanstalt u. Bergakademie für 1901 Bd. XXII. Heft 3.)

— Die Geschichte des Nilstromes in der Tertiär- u. Quartärperiode, sowie des palaeolithischen Menschen in Ägypten. (S.-A. aus d. Ztchr. d. Ges. für Erdk. z. Berlin 1902.)

Blanckenhorn, Max: Neue geologisch-stratigraphische Beobachtungen in Ägypten. (S.-A. aus d. Sitzgsb. d. math.-phys. Kl. d. k. b. Ak. d. Wiss. 32 (1902), H. III.)

Stromer von Reichenbach, Ernst: Bericht über eine von Max Blanckenhorn u. Ernst Stromer von Reichenbach ausgeführte Reise nach Ägypten. Einleitung. (S.-A. aus d. Sitzgsb. d. math. phys. Kl. d. k. b. Ak. d. Wiss. 32 (1902), H. III.) (Geschenk des Herrn Dr. Blanckenhorn.)

Bollettino della associazione medica Triestina V, 1901/02.

Medizinal-Korrespondenz hrsg. von d. Zentralkomitee für das ärztl. Fortbildungswesen in Preussen I (1903), Nr. 1—5.

Proceedings of the Physical Society of London 18. (1902), Nr. 1—7.

Report of the Kensington Hospital of Woman. Philadelphia 1901/02.

Sitzungen.

Die physikalisch-medizinische Sozietät hielt vom 1. Januar bis zum 31. Dezember 1903 acht Sitzungen ab, deren wissenschaftliches Material in dem nachstehenden Verzeichnis niedergelegt ist.

Verzeichnis der in den Sitzungen gehaltenen Vorträge.

Sitzung am 12. Januar 1903.

R. Heinz: Die Bedeutung der physikalischen Chemie für die biologischen Wissenschaften.

Sitzung am 16. Februar 1903.

A. Fleischmann: Die Entwicklung des Afters und der äußeren Geschlechtsorgane der Säugetiere.

O. Schulz und L. R. Müller: Untersuchungen an einem Fall von Pfortaderthrombose.

Sitzung am 12. Mai 1903 zur Feier von Justus v. Liebigs 100. Geburtstag.

F. Henrich: Aus Liebigs Jugend- und Wanderjahren.

Sitzung am 25. Mai 1903.

A. Spuler: Über die Lasiocampiden.

W. v. Knebel: Vergleichende Betrachtungen über die Vulkangebiete im süddeutschen Jura.

Sitzung am 15. Juni 1903.

F. Henrich: Über selbststrahlende Materie.

W. Rosenthal: Demonstration von bogengangkranken Tauben und Bemerkungen über eine neue Geflügelseuche.

Sitzung am 13. Juli 1903.

A. Spuler: Über die Impressio aortica der Wirbelsäule.

K. Paal: Neue Formen von kolloidalen Metallen der Platingruppe und ihre katalytischen Wirkungen.

Sitzung am 9. November 1903.

J. Veit: Einiges aus unserer frühesten Jugend.

Sitzung am 7. Dezember 1903.

G. Heller. Über Anthranil.

R. Heinz: Über Resorptionsvorgänge im Magen.

BOSTON MEDICAL
JUL. 26 1911
LIBRARY.

Über die spezifische Wärme von Flüssigkeitsgemischen und Lösungen.

Von Karl Helmreich.

Aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.

Einleitung.

In der folgenden Arbeit habe ich versucht einen Beitrag zur Kenntnis der spezifischen Wärme der Flüssigkeitsgemische und Lösungen zu liefern.

Der erste Teil beschäftigt sich mit den Gemischen von Glyzerin mit Äthylalkohol und Methylalkohol sowie mit den Lösungen von Harnstoff in diesen Alkoholen.

Im zweiten Teil habe ich die Abhängigkeit der spezifischen Wärme der Lösungen von Kadmiumjodid, Kadmiumbromid und Kadmiumchlorid in Wasser und von Kadmiumjodid und Kadmiumbromid in Äthylalkohol von der Konzentration und von der Temperatur untersucht.

I. Teil.

Während sich die spezifische Wärme der Legierungen, wie Regnault[1]) nachgewiesen, meist aus den spezifischen Wärmen der Bestandteile berechnen läßt, ist dies bei den meisten bisher untersuchten Flüssigkeitsgemischen und Lösungen, bei den Elektrolyten sowohl als auch bei den Nichtelektrolyten nicht der Fall.

Für Gemische von Chloroform mit Benzol, Schwefelkohlenstoff mit Chloroform und mit Benzol fand Schüller[2]) eine

[1]) Regnault, Annales de chim. et de phys. III Sér., T. 1. 1841.

[2]) Schüller, Pogg. Ann. 5. Ergbd., p. 127—146; p. 192—221. 1871.

Übereinstimmung der nach der bekannten Mischungsregel berechneten Werte c' mit den beobachteten c.

Winkelmann[1]) gelangte für Mischungen von Benzol und Schwefelkohlenstoff zum gleichen Resultat. Dagegen fanden Winkelmann und Schüller, daß die spezifische Wärme dieser Flüssigkeiten in den Gemischen mit Äthylalkohol stets größer ist als im freien Zustand, daß also die beobachtete spezifische Wärme c stets größer ist als die nach der Mischungsregel berechnete c'.

Die gleichen Abweichungen zeigten Gemische von Äthylalkohol mit Wasser. Für die spezifische Wärme einzelner Gemische fanden Winkelmann und Schüller sogar Werte, die größer als 1 waren.

Ähnliche Resultate fanden Dupré[2]), Lecher[3]), Pagliani[4]) und Zettermann[5]) für Mischungen von Wasser mit anderen Alkoholen.

Reiß[6]) und Lüdeking[7]) untersuchten Mischungen von Fettsäuren mit Wasser und beobachteten meist eine größere spezifische Wärme, als sich nach der Zusammensetzung der Mischung erwarten ließ. Nur die Gemische mit Essigsäure, die unter 15% Wasser enthielten, und mit Ameisensäure machten eine Ausnahme. Es war nämlich c kleiner als c'.

Emo[8]) schließlich fand für Mischungen von Glyzerin mit Wasser c größer als c'.

Die meisten Flüssigkeitsgemische zeigten eine spezifische Wärme, die größer als die berechnete war; bei den Mischungen mit einem Alkohol war dies immer der Fall.

Wie die Untersuchungen von Schüller[9]), Thomsen[10]),

---

[1]) Winkelmann, Pogg. Ann. Bd. 150, p. 592—619. 1873.

[2]) Dupré, Pogg. Ann. Bd. 148, p. 136. 1873.

[3]) Lecher. Wien. Ber. (2) Bd. 76, p. 937—945. 1877.

[4]) Pagliani, Cim. (3) XII, p. 229—244. 1882.

[5]) Zettermann, D'Almeida-Journal de Phys. X, Nr. 115, p. 312. 1881.

[6]) Reiß, Wied. Ann. Bd. 10, p. 291. 1880.

[7]) Lüdeking, Wied. Ann. Bd. 27, p. 32. 1886.

[8]) Emo, Atti della R. Acc. di Science di Torino 17, p. 8. 1882.

[9]) Schüller, Pogg. Ann. Bd. 136, p. 70—88 u. p. 235—260. 1869.

[10]) Thomsen, Pogg. Ann. Bd. 142, p. 353—379. 1871.

Winkelmann[1]), Marignac[2]) und Matthias[3]) gezeigt haben, ist bei den meisten wäßrigen Salzlösungen die beobachtete spezifische Wärme c kleiner als die berechnete.

Dagegen zeigten Blümcke[4]), Timofejew[5]) und andere, daß die spezifische Wärme der alkoholischen Salzlösungen meist größer ist als die berechnete.

Um den Einfluß der Salze auf die spezifische Wärme zu betrachten, nehmen wir zunächst an, daß die spezifische Wärme des Lösungsmittels in der Lösung die gleiche sei wie im freien Zustand.

Berechnen wir nun das Molekulargewicht der Lösung nach der Formel $(M + mn)$, in welcher M das Molekulargewicht des Salzes, m das des Lösungsmittels und n die Anzahl der Moleküle der Lösungsmittels, in denen ein Molekül Salz gelöst ist, bedeutet, — und multiplizieren diese Größe mit der gefundenen spezifischen Wärme, so erhalten wir die Molekularwärme der Lösung. Subtrahieren wir nun von dieser Größe die, auf die gleiche Weise berechnete, Molekularwärme des in der Lösung enthaltenen Lösungsmittels, so erhalten wir eine Größe a, welche wir im folgenden die scheinbare Molekularwärme des Salzes in der Lösung nennen wollen.

Zur Berechnung von a dient uns also die Formel

$$a = (M + mn)\,c - mn\gamma,$$

wenn γ die spezifische Wärme des Lösungsmittels bezeichnet.

Diese Größe a war bei einzelnen Salzen von der Konzentration unabhängig, d. h. sie war für verschiedene Konzentrationen stets die gleiche. Es ist also bei diesen Salzen möglich die spezifische Wärme ihrer Lösungen aus der Mischungsregel zu berechnen, wenn wir dem Salz eine spezifische Wärme zuschreiben, die wir als den Quotient $\frac{a}{M} = c_1$ erhalten.

Bei den meisten Salzlösungen, wäßrigen wie alkoholischen, nahm aber a mit der Konzentration ab.

---

[1]) Winkelmann, Pogg. Ann. Bd. 149, p. 6—32. 1873.
[2]) Marignac, Ann. de Chim. (5) VIII, p. 410—430. 1876.
[3]) Matthias, Comptes Rendus Bd. 107, p. 524—527. 1888.
[4]) Blümcke, Wied. Ann. Bd. 23, p. 161—173. 1884.
[5]) Timofejew, Comptes Rendus Bd. 112, p. 1261—1263. 1891.

Eine Erklärung hierfür gab E. Wiedemann[1]).

W. F. Magie[2]) fand nun für die meisten Lösungen und Flüssigkeitsgemische, die keine Elektrolyte sind, konstante Werte für a. Magie ging dabei von der Annahme aus, daß in Flüssigkeitsgemischen eine beliebige Flüssigkeit — der Alkohol — die gleiche spezifische Wärme besitze wie im freien Zustand. Diese an und für sich willkürliche Annahme findet dann eine Stütze, wenn wir für a konstante Werte erhalten. Für Glyzerin-Wassergemische, die nur wenig Glyzerin enthielten, fand Magie konstante Werte für a. Dagegen war dies bei Mischungen von Wasser und Äthylalkohol, Glyzerin und Anilin, Glyzerin und Athylalkohol nicht der Fall.

E. van Aubel[3]) führt gegen die Resultate Magies die Emos an, welcher auch Gemische von Glyzerin und Wasser untersucht hatte, die mehr Glyzerin enthielten, und empfiehlt Untersuchungen von Glyzerin-Äthylalkoholgemischen, die mehr Glyzerin enthielten.

Ich beschloß deshalb die spezifische Wärme von Mischungen von Glyzerin mit Äthylalkohol und Methylalkohol zu bestimmen.

Da Magie seine Resultate für Lösungen von Harnstoff in Äthylalkohol als unsicher bezeichnet, untersuchte ich auch die Lösungen dieses Körpers in Äthylalkohol und Methylalkohol.

Apparate.

1. Das Eiskalorimeter.

Zu den Untersuchungen benutzte ich, auf Anraten des Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann das Bunsensche Eiskalorimeter[4]) mit verschiedenen von Schuller und Wartha[5]) und von G. Lindner[6]) angegebenen Veränderungen. Die Menge des eingesogenen Quecksilbers, bestimmte ich jedoch nicht durch Wägen, wie Schuller und Wartha angeben,

---

[1]) E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 18, p. 608. 1883.

[2]) W. F. Magie, Phys. Review, Vol. 9, p. 65—85. Im Auszug Physik. Zeitschrift Bd. 1 p. 233—234. 1899.

[3]) E. van Aubel, Physik. Zeitschr. Bd. 1, p. 282—283. 1900.

[4]) Bunsen, Pogg. Ann. Bd. 141, p. 1—25. 1870.

[5]) Schuller und Wartha, Wied. Ann. Bd. 2, p. 359—366. 1877.

[6]) G. Lindner, Inaugural-Dissertation, Erlangen 1903.

sondern durch Ablesen an einer engen Kapillare, die mit dem Kalorimeter verbunden war. Die Trägheit des Quecksilberfadens in der .Kapillare beseitigte ich dadurch, daß ich die Kapillare vor jeder Ablesung klopfte.

Das Kalorimeter (Tafel I) bestand aus drei Teilen, dem eigentlichen Kalorimeter *a*, dem Mittelstück *b* und der Kapillare *c*, welche genau kalibriert war. Diese Teile waren durch Schliffe, die mit Gummibändern zusammengehalten wurden, verbunden. Beim Mittelstück *b* stand die, das Quecksilber enthaltende, Kugel etwas niedriger als die Kapillare, um dieselbe durch Öffnen des Hahnes jederzeit entleeren zu können. Um den Quecksilberfaden in die Kapillare zu treiben, verband ich das Ende derselben mit einer Wasserstrahlpumpe und sog dadurch das Quecksilber aus der Kugel in die Kapillare.

Nachdem dann das Kalorimeter in der von Bunsen angegebenen Weise mit luftfreiem destillierten Wasser und mit reinem Quecksilber gefüllt war, stellte ich dasselbe in ein Zinkgefäß *A* mit destilliertem Wasser, dessen Wand mit einem 3—4 cm dicken Eismantel bekleidet war. Dieses Gefäß *A* befand sich in einem weiteren Gefäß *B*, das mit einem Eismantel von reinem Eis bis an die Wandung des ersten Gefäßes ausgefüllt war. Diese ganze Anordnung befand sich in dem Gefäß *C*, das zur Aufnahme des zerstoßenen, unreinen Eises bestimmt war. Das Gefäß *C* hatte am Boden eine Öffnung, um das Schmelzwasser abfließen zu lassen.

Durch das Gefäß *B* wurde der Einfluß der Verunreinigungen des gestoßenen Eises in *C* sehr verringert. Ich erreichte hierdurch aber auch noch, daß der Eismantel in *A* lange Zeit erhalten blieb.

Zum Schutze gegen die Wärmezufuhr von außen befand sich der ganze Apparat in einem Pappmantel *D*, der mit Sägmehl gefüllt war.

Um den Eiskern im Innern des Kalorimeters zu erzeugen, wandte ich zwei verschiedene Verfahren an.

Nach der einen Methode ließ ich Alkohol, der durch eine Kältemischung — entweder Salz und gestoßenes Eis oder Alkohol und Kohlensäure — unter 0^{0} abgekühlt war, mittelst einer Wasserstrahlpumpe durch das Reagierglas des Kalorimeters

saugen. Ich benutzte hierzu eine Vorrichtung, die der von Bunsen angegebenen im wesentlichen ähnlich war.

Bequemer war die zweite Methode, die auf der Bildung des Eiskernes durch Verdunsten von Äther beruhte. In dem Reagierglas des Kalorimeters befand sich Äther. Dadurch, daß ich durch denselben Luft hindurchsaugte, verdunstete derselbe rasch, und es bildete sich ein Eismantel um das Reagierglas, da die zum Verdunsten des Äthers nötige Wärmemenge dem Wasser des Kalorimeters entzogen wurde. Wenn dann der Eiskern die gewünschte Dicke hatte, wurde das Reagierglas mit Wasser von etwas über 0^0 ausgespült, um den Eismantel etwas vom Reagierglas abzuschmelzen und dadurch Spannungen zu vermeiden.

Der Eismantel im Kalorimeter war zunächst unterkühlt, und ich mußte einige Tage warten, bis die Verschiebung des Quecksilberfadens — der Gang — unter 5 mm in der Stunde betrug.

Ein absolutes Stillstehen des Quecksilberfadens läßt sich bekanntlich nicht erreichen, da das Eis im Kalorimeter unter einem Druck von ca. 200 mm steht, wodurch der Schmelzpunkt erniedrigt wird. Es tritt also, wenn das Nachgefrieren (infolge der Unterkühlung) zu Ende ist, ein langsames Abschmelzen ein. Dieser Nachteil läßt sich durch einen von Henrichsen[1]) angegebenen Apparat oder durch einen geringen Salzzusatz im Gefäß *A* beseitigen. Ich machte jedoch von keinem dieser Mittel Gebrauch.

Von einer Füllung des Reagierglases mit Wasser oder Paraffinöl nahm ich aus folgenden Gründen Abstand.

Die untersuchten Substanzen befanden sich in Silberfläschchen, die mit einem Deckel verschlossen waren. Beim Erhitzen derselben wurde, infolge der Ausdehnung der Flüssigkeiten und von den sich bildenden Dämpfen, Luft aus den Fläschchen verdrängt. Bei der Abkühlung im Kalorimeter entstand dann ein luftverdünnter Raum in den Fläschchen, und da der Verschluß nicht luftdicht gemacht werden konnte, wäre durch den äußeren Luftdruck Flüssigkeit aus dem Reagierglas in die Fläschchen getrieben worden. Von einem Verlöten der

---

[1]) Henrichsen, Wied. Ann. Bd. 8. p. 83—82. 1879.

Fläschchen sah ich deshalb ab, weil der Wasserwert des Lotes nicht mit genügender Genauigkeit bestimmt werden konnte.

Ich brachte dafür einen Wattepfropfen am Boden des Reagierglases an. Dadurch wurde erstens eine Beschädigung des Reagierglases durch die auffallenden Fläschchen, sodann aber auch noch das Abschmelzen des Eiskernes am untern Ende des Reagierglases vermieden, da Watte ein schlechter Wärmeleiter ist und infolgedessen hauptsächlich an den Seiten, also an den dicksten Stellen des Eiskernes, Eis abschmolz.

Um zu sehen, ob die einzelnen Beobachtungen, bei Weglassung der Flüssigkeit im Reagierglas, nicht zu sehr voneinander differierten, bestimmte ich die spezifische Wärme des Silbers zwischen 100° und 0°.

Mit einem Stück von 9,0833 g fand ich aus drei Versuchen folgende Werte:

0,05726
0,05737
0,05706.

Also Mittelwert c = 0,05723.

Die größte Abweichung beträgt 0,00031 = 0,54%, während der mittlere Fehler einer Beobachtung 0,000157 = 0,27%, der mittlere Fehler des Resultats 0,00009 = 0,16% beträgt.

Im folgenden sind zum Vergleich die von anderen Physikern gefundenen Werte für die spezifische Wärme des Silbers zwischen 100° und 0° angegeben.

Bunsen . .	0,0559
Regnault . .	0,0570
Tomlinson .	0,05684
Byström . .	0,05749
Hess . . .	0,05702 (zwischen 94° u. 0°).

Der von mir gefundene Wert schließt sich diesen Werten gut an, und da die Abweichung der einzelnen Resultate von einander ziemlich klein ist, konnte ich die Flüssigkeit im Reagierglas weglassen.

Unter Benutzung der von Bunsen angegebenen Werte fand ich bei der von mir benützten Kapillare eine Kalorimeterkonstante

C = 0,20276,

d. h. dem Rückgang des Quecksilberfadens um einen Millimeter entsprachen 0,20276 Kalorien.

Zur Berechnung der spezifischen Wärme diente mir die Formel

$$c = \frac{C \cdot n}{G \cdot t}$$

Hierbei bedeutet C die Kalorimeterkonstante, G das Gewicht der Substanz und t die Temperatur, welche der Körper vor dem Einwerfen in das Kalorimeter besaß, n ist der Rückgang des Quecksilberfadens in der Kapillare, nach Berücksichtigung der Korrekturen für die Kapillare und für den Gang des Quecksilberfadens, vermindert um den Rückgang, der dem Wasserwert der Fläschchen entspricht.

2. Elektrischer Heizapparat.

Zum Erhitzen der Substanzen benützte ich einen nach dem Prinzip von L. Holborn und A. Day[1]) von mir angefertigten elektrischen Heizapparat.

Da ich keine so hohen Temperaturen wie diese Physiker erreichen brauchte, benutzte ich Deckel und Cylinder aus Asbest.

Dieser Heizapparat war auf einem Brett befestigt, das in einem Falz verschiebbar war. Diese Anordnung wurde dann drehbar an einem Holzklotz befestigt, der über dem Kalorimeter angebracht wurde.

Durch den Falz und die Drehscheibe war es mir möglich, den Heizapparat, während des Erhitzens, soweit vom Kalorimeter zu entfernen, daß die Strahlung desselben keinen Einfluß auf das Kalorimeter ausüben konnte.

Die Temperatur des Körpers bestimmte ich mittels eines in $^1/_5{}^0$ geteilten Quecksilberthermometers, dessen Quecksilberkugel sich im Heizapparat, neben dem Körper, befand. Dasselbe war durch Vergleichen mit einem, in $^1/_{10}{}^0$ geteilten, Normalthermometer im elektrischen Ofen geaicht worden.

Mittels eines Glühlampenwiderstands, eines Rheostaten und eines Ampèremeters, die mit dem Heizapparat und mit einer Akkumulatorenbatterie verbunden waren, konnte ich den Strom regulieren und dadurch die Temperatur im Heizapparat konstant erhalten.

---

[1]) L. Holborn und A. Day, Wied. Ann. Bd. 68, p. 836—837 und p. 846—847. 1899.

Zeigte das Thermometer 10 bis 15 Minuten lang eine konstante Temperatur, so wurde der Heizapparat senkrecht über das Reagierglas des Kalorimeters gestellt und herabgelassen. Ich ließ dann das Fläschchen mit der Flüssigkeit durch einen Asbesttrichter direkt in das Reagierglas fallen und schob den Ofen rasch wieder in die Höhe.

Herstellung der Mischungen und Lösungen und Füllen der Silberfläschchen.

Die von mir benützten Flüssigkeiten waren aus der chemischen Fabrik von E. Merck in Darmstadt rein und wasserfrei bezogen. Dieselben sind bekanntlich sehr hygroskopisch. Ich bewahrte sie deshalb, um die Wasseraufnahme zu vermeiden, in einer Aufbewahrungsflasche, wie sie Völlmer[1]) angegeben, auf.

Kurz vor Herstellung der Mischung oder Lösung wurde die dazu nötige Menge Flüssigkeit in Glasfläschchen gebracht, die sofort mit einem Kork gut verschlossen wurden. Die Mischung geschah mittels Pipetten, die zuerst gründlich gereinigt und getrocknet und dann mit der betreffenden Flüssigkeit ausgespült worden waren.

Mit der Mischung, die jedesmal ungefähr 50 ccm betrug, wurden dann die Fläschchen, die etwas über 1 ccm faßten, mittels einer Pipette bis zum Halse gefüllt. Vollständig durften die Fläschchen nicht gefüllt werden, weil sonst beim Erwärmen, infolge der Ausdehnung, Flüssigkeit ausgetreten wäre. Die Silberfläschchen befanden sich dann bis zum Versuch unter einer Glasglocke mit einem Gefäß mit Chlorcalcium.

Während die Mischungen nach Volumprozenten hergestellt wurden, wurden die Harnstofflösungen einfach dadurch erhalten, daß in einer abgewogenen Menge des Lösungsmittels eine abgewogene Menge Harnstoff aufgelöst wurde. Aus dieser Lösung wurden dann die andern Lösungen durch Hinzufügung einer abgewogenen Menge des Lösungsmittels erhalten und der Harnstoffgehalt berechnet.

---

[1]) Völlmer, Inaug.-Diss., Halle 1892.

Wasserwert und Gewicht der Silberfläschchen.

In folgender Tabelle sind die Wasserwerte und die Gewichte der von mir benützten vier Silberfläschchen angegeben.

Fläschchen	Wasserwert	Gewicht
I	54,5	3,621
II	61,7	3,980
III	56,6	3,808
IV	51,0	3,444

Der Wasserwert ist das Mittel aus je zehn Beobachtungen.

Beobachtungen und Resultate.

I. Flüssigkeitsgemische.

a) Spezifische Wärme der benützten Flüssigkeiten zwischen 50° und 0°.

1. Äthylalkohol (C_2H_5OH) **Molekulargew. = 46.**

In folgender Tabelle sind die aus fünf Beobachtungen der spezifischen Wärme des Alkohols gefundenen Resultate enthalten. Hierbei bezeichnet n den auf 50° reduzierten Rückgang des Quecksilberfadens — unter Berücksichtigung der Korrekturen, die durch die Kapillare und den Gang des Quecksilberfadens bedingt sind —, vermindert um den Wasserwert des betreffenden Fläschchens. G gibt das Gewicht der Flüssigkeit und c die spezifische Wärme derselben an.

n	G	c
147,7	1,039	0,57630
141,8	0 999	0,57560
146,3	1,039	0,57085
135,3	0,953	0,57586
146,8	1,039	0,57281
	Mittelwert	0,57428

Mittels des Pyknometers bestimmte ich das spezifische Gewicht des Äthylalkohols, bezogen auf Wasser von 15°, zu 0,796, was einem Gehalt von 99,44% entspricht.

2. Methylalkohol (CH_3OH) **Molekulargew. = 32.**

Für Methylalkohol, dessen spezifisches Gewicht zu 0,798 ermittelt wurde, fand ich:

n	G	c
156,6	1,028	0,61794
143,3	0,945	0,61520
149,9	0,988	0,61544
152,3	1,006	0,61454
143,2	0,940	0,61757
	Mittelwert	0,61614

3. Glyzerin ($C_3H_8O_3$) **Molekulargew. = 92.**

Folgende Tabelle gibt die Resultate für Glyzerin an, dessen spezifisches Gewicht 1,28 war.

n	G	c
208,2	1,390	0,60729
210,3	1,390	0,61341
210,7	1,390	0,61457
210,5	1,390	0,61399
209,9	1,390	0,61224
	Mittelwert	0,61230

b) Spezifische Wärme der Gemische von Äthylalkohol und Glyzerin zwischen 50° und 0°.

In der folgenden Tabelle sind unter c die Mittelwerte aus je drei Beobachtungen, unter c' die nach der Mischungsregel berechneten Werte für die spezifische Wärme angegeben.

In der ersten Reihe steht unter N das Glyzerin-Volumen in 100 Volumteilen der Mischung. Die Reihen unter (c—c') und c/c' geben die Differenz und das Verhältnis der beobachteten und berechneten Werte an und sollen uns die Abweichungen von der Mischungsregel zeigen.

Unter *a* ist die scheinbare Molekularwärme des Glyzerins in der Mischung angegeben, d. h. die Differenz der Molekularwärme der Mischung und der Molekularwärme des Alkohols.

N	c	c′	c—c′	c/c′	α
0	0,57428	—	—	—	—
10	0,59176	0,58003	0,01173	1,0202	63,44
20	0,60477	0,58519	0,01958	1,0335	62,62
30	0,61824	0.58979	0,02845	1,0483	62,75
40	0,62502	0,59394	0,03108	1,0523	61,86
50	0,62587	0,59771	0,02816	1,0471	60,53
60	0,62535	0,60114	0,02421	1,0403	59,48
70	0,62579	0,60429	0,02150	1,0356	58,84
80	0,62199	0,60717	0,01482	1,0244	57,90
90	0,61738	0,60983	0,00755	1,0124	57,07
100	0,61230	—	—	—	56,33

Aus dieser Tabelle sehen wir zunächst, daß die spezifische Wärme (c) der Mischungen stets größer ist als die nach der Mischungsregel berechnete c′. Außerdem finden wir noch eine Analogie mit den Äthylalkohol-Wassergemischen. Es ist nämlich bei den Gemischen von Äthylalkohol und Glyzerin, die über 30% Glyzerin enthalten, die spezifische Wärme größer als die des Glyzerins, dem die größere spezifische Wärme von den beiden Flüssigkeiten zukommt.

Die größte spezifische Wärme hat eine Mischung von gleichen Teilen Alkohol und Glyzerin.

Aus der vierten und fünften Reihe sehen wir, daß der Unterschied zwischen der beobachteten und der berechneten spezifischen Wärme zunächst mit dem Glyzeringehalt zunimmt. Er ist am größten bei einer Mischung von 40 Teilen Glyzerin und 60 Teilen Alkohol. Dann nimmt der Unterschied mit zunehmendem Glyzeringehalt ab.

Aus der letzten Reihe unter α sehen wir schließlich noch, daß die scheinbare Molekularwärme des Glyzerins in der Mischung stets größer ist als die Molekularwärme im freien Zustand. Sie ist am größten in der Mischung, die am wenigsten Glyzerin enthält, und nimmt mit zunehmendem Glyzeringehalt ab.

c) Spezifische Wärme der Gemische von Methylalkohol und Glyzerin zwischen 50° und 0°.

In der folgenden Tabelle sind meine Resultate zusammengestellt. c, c′, N und α haben die gleiche Bedeutung wie früher.

N	c	c′	c—c′	c/c′	a
0	0,61614	—	—	—	—
10	0,61604	0,61554	0,00050	1,0008	56,63
20	0,61720	0,61501	0,00219	1,0036	57,03
30	0,61766	0,61456	0,00310	1,0051	57,03
40	0,62024	0,61414	0,00610	1,0099	57,41
50	0,62793	0,61376	0,01417	1,0231	58,45
60	0,62715	0,61343	0,01372	1,0224	58,12
70	0,62357	0,61309	0,01048	1,0171	57,55
80	0,62198	0,61281	0,00917	1,0150	57,31
90	0,61743	0,61254	0,00489	1,0080	56,81
100	0,61230	—	—	—	56,33

Die beobachtete spezifische Wärme ist also auch hier in allen Mischungen größer als die berechnete. Auch hier finden wir eine Analogie mit den Wasser-Alkoholgemischen.

Es ist nämlich die spezifische Wärme der Mischungen, die zwischen 20% und 90% Glyzerin enthalten, größer als die des Methylalkohols, dem die größere spezifische Wärme der beiden Flüssigkeiten zukommt. Die größte spezifische Wärme hat eine Mischuug von gleichen Teilen Glyzerin und Alkohol. Dieser Mischung entspricht auch die größte Differenz zwischen beobachteter und berechneter spezifischer Wärme, wie wir aus der vierten und fünften Reihe sehen.

Aus der letzten Reihe unter a sehen wir schließlich, daß die scheinbare Molekularwärme des Glyzerins auch in diesen Mischungen nicht konstant ist. Sie wächst zuerst langsam, dann rascher mit zunehmendem Glyzeringehalt und nimmt dann, von der 50%igen Mischung ab, ziemlich gleichmäßig ab.

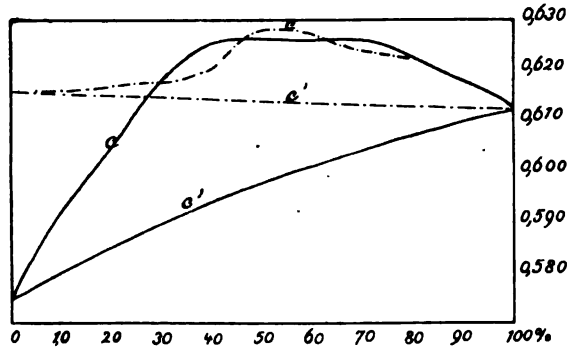
Die Unterschiede der beobachteten und der berechneten Werte für die spezifische Wärme dieser Gemische sind zwar kleiner als bei den Mischungen von Glyzerin mit Äthylalkohol, aber meist noch bedeutend größer als die wahrscheinlichen Versuchsfehler.

Die Kurven (Fig. 1 u. 2) sollen die Abweichungen deutlicher zeigen.

In Fig. 1 sind die beobachteten c und die berechneten c′ Werte für die spezifische Wärme unserer Gemische aufgetragen. Die Werte für N sind die Abszissen, die Werte für c bezw. c′ sind die Ordinaten.

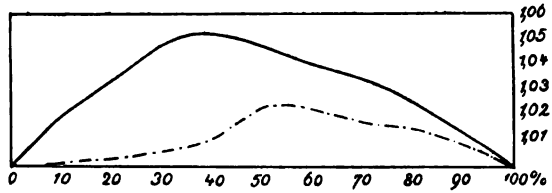
Wir sehen zunächst, daß in beiden Mischungen die beobachtete spezifische Wärme stets höher liegt als die berechnete, ja daß sie sogar teilweise höher ist als die spezifische Wärme derjenigen Flüssigkeit, die in dem betreffenden Gemisch die größere spezifische Wärme besitzt.

Fig. 1.



Die Kurve für die Äthylalkoholgemische mit Glyzerin steigt zuerst sehr rasch, ändert sich von 40%—70% unwesentlich und sinkt dann gleichmäßig herab. Die Kurve für die Mischungen von Glyzerin mit Methylalkohol steigt erst langsam, dann rascher bis zu einem Maximum zwischen 50% und 60% und sinkt dann wieder gleichmäßig herab.

Fig. 2.



——— Äthylalkohol.
-·-·-·- Methylalkohol.

In Fig. 2 sind die Verhältnisse c/c' aufgetragen. Aus der Kurve für die Gemische von Glyzerin mit Äthylalkohol sehen wir, daß dieses Verhältnis zuerst rasch wächst bis zu einem

Maximum bei etwa 40% und dann gleichmäßig abnimmt. Die Kurve für die Mischungen mit Methylalkohol dagegen steigt zunächst langsam bis 30%, von da zu dem Maximum zwischen 50% und 60% rascher und nimmt dann ziemlich gleichmäßig ab.

Das Verhältnis ist für die Mischungen mit Methylalkohol stets nicht unwesentlich kleiner als für Äthylalkohol.

II. Lösungen.

Ich bestimmte zunächst die spezifische Wärme des Harnstoffs (CON_2H_4) — Molekulargew. = 60 — und fand als Mittel aus sechs Versuchen:

$$c = 0{,}36812.$$

Sodann bestimmte ich die spezifische Wärme von folgenden Lösungen.

a) Lösungen von Harnstoff in Äthylalkohol.

In den folgenden Tabellen gibt N an, wieviel Gramm Harnstoff in 100 g der Lösung enthalten sind. c, c' und α haben die gleiche Bedeutung wie früher.

N	c	c'	c − c'	c/c'	α
5,14	0,59954	0,56367	0,03587	1,0636	64,0
3,86	0,58327	0,56633	0,01694	1.0299	48,5
2,57	0,58164	0,56897	0.01267	1,0223	51,7
1,29	0,57648	0,57161	0,00487	1,0085	44,7

In Fig. 3 sind die Werte für c und c', in Fig. 4 die Werte für c/c' aufgetragen.

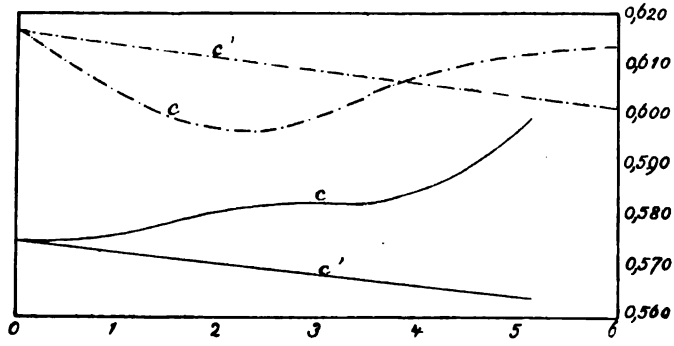
Wir finden bei diesen Lösungen wieder die Tatsache bestätigt, daß in alkoholischen Lösungen die beobachtete spezifische Wärme größer ist als die berechnete. Wie wir aus der zweiten und dritten Reihe sehen, nimmt die beobachtete spezifische Wärme mit zunehmender Konzentration zu, die berechnete dagegen ab. Die Kurven in Fig. 3 zeigen dies auch deutlich. Während die Kurve für die berechnete spezifische Wärme c' mit zunehmender Konzentration stetig fällt, steigt die Kurve für die beobachteten Werte c zuerst

langsam und dann rascher. Dementsprechend nimmt das Verhältnis c/c' zuerst langsamer und dann rascher zu.

Aus der Reihe unter *a* sehen wir schließlich, daß die scheinbare Molekularwärme des Harnstoffes in Äthylalkohol nicht konstant ist.

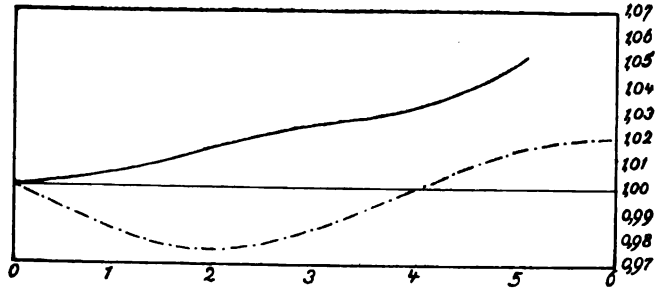
Wir finden also keine Bestätigung der Resultate Magies.

Fig. 3.



Eine genaue Vergleichung der Resultate Magies mit den meinigen ist mir deshalb nicht möglich, weil Magie die spezifische Wärme des von ihm benützten Äthylalkohols nicht an-

Fig. 4.



gibt. Da schon ein geringer Wassergehalt des Alkohols ganz bedeutende Änderungen der spezifischen Wärme verursacht, wie aus den sehr verschiedenen Werten zu ersehen ist, die Schüller, Winkelmann u. a. für nahezu absoluten Alkohol fanden, wäre diese Angabe sehr wichtig gewesen.

Magie hat nun drei Mischungen von Glyzerin mit Äthylalkohol, die unter 6% Glyzerin enthielten, und zwei Lösungen von Harnstoff in Äthylalkohol, die weniger als 3% Harnstoff enthielten, untersucht und hierbei stets größere Werte als ich gefunden. Dieser Umstand läßt darauf schließen, daß der von Magie benützte Alkohol eine höhere spezifische Wärme besaß als der von mir benützte.

Magie fand nun für die wahrscheinliche Molekularwärme des Harnstoffs in Äthylalkohol den Wert 28,1. Dieser Wert ist aber bedeutend kleiner als die von mir gefundenen, wie aus der Reihe unter a ersichtlich ist.

Unter der scheinbaren Molekularwärme verstehen wir bekanntlich die Differenz der Molekularwärmen der Lösung und des Lösungsmittels. Um eine Ursache der großen Abweichung der Werte Magies für die Molekularwärme des Harnstoffs in den Lösungen von den meinigen zu finden, müssen wir also die Molekularwärme der Lösung und die des in der Lösung enthaltenen Lösungsmittels betrachten.

Da die Resultate Magies für die spezifische Wärme der Lösungen höher sind als die von mir gefundenen, sind auch die Werte für die Molekularwärme der Lösung bei Magie größer als bei mir.

Den Berechnungen der Molekularwärme des Alkohols in der Lösung legte Magie den von Schüller für die spezifische Wärme des Alkohols gefundenen Wert 0,6019 zu Grunde. Dieser Wert ist aber nicht unbeträchtlich höher als der von mir beobachtete, also wird auch in der Berechnung von a die Molekularwärme des Lösungsmittels bei Magie höher als bei mir. Deshalb konnte Magie für die Differenz a kleinere Werte finden als ich, obgleich er für die Molekularwärme der Lösung größere Werte gefunden hatte.

Wenn wir nun annehmen, daß der Alkohol, den Magie benützte, eine höhere spezifische Wärme besaß als der von mir benützte, doch eine kleinere als die von Schüller gefundene, so wird in der Berechnung von a die Molekularwärme des Lösungsmittels kleiner werden, also wird die scheinbare Molekularwärme a den von mir gefundenen Werten näher kommen.

Die Vermutung Magies, daß seine Werte für a in der Nähe eines Maximums oder Minimums liegen, finden wir bestätigt.

Denn auch bei mir hat a ein Maximum etwa bei 2,57%. Die Lösungen Magies aber enthielten 2,98% bezw. 1,82% Harnstoff, waren also in der Nähe dieses Maximums.

b) Lösungen von Harnstoff in Methylalkohol.

Meine Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

N	c	c'	c—c'	c/c'	a
5,89	0,61369	0,60154	0,01215	1,0202	34,5
4,42	0,60951	0,60518	0,00433	1,0071	28,0
2,95	0,59864	0,60883	—0,01019	0,9833	1,4
1,47	0,59935	0,61250	—0,01315	0,9785	—31,6

In Fig. 3 sind wieder die Werte für c und c', in Fig. 4 (S. 16) die für c/c' angegeben.

Aus der zweiten und dritten Reihe der Tabelle sowie aus der Fig. 3 sehen wir, daß die berechnete spezifische Wärme c' mit zunehmender Konzentration stets abnimmt. Die beobachtete spezifische Wärme c nimmt mit zunehmender Konzentration zunächst auch ab, bis zu einem Minimum, das nach der Kurve etwa bei 2,5% liegt. Dann nimmt die spezifische Wärme gleichmäßig zu. Bei 4% ist die beobachtete spezifische Wärme gleich der berechneten, da sich hier beide Kurven schneiden. Über 4% ist die beobachtete spezifische Wärme größer als die berechnete, darunter aber kleiner.

Das Verhältnis c/c' nimmt zuerst etwa bis 1,5% ab und von hier ab gleichmäßig zu.

Aus der letzten Reihe der Tabelle sehen wir wieder, daß die scheinbare Molekularwärme des Harnstoffs in Methylalkohol nicht konstant ist. a nimmt, wie bei den meisten bisher untersuchten wäßrigen und auch alkoholischen Lösungen, mit der Konzentration ab.

Wir finden sogar für eine Lösung von 1,47% Harnstoff einen negativen Wert für die scheinbare Molekularwärme a.

Es ist also offenbar, daß auch das Lösungsmittel in der Lösung seine spezifische Wärme ändert, daß also die niedere spezifische Wärme der verdünnten Harnstofflösungen dadurch bedingt ist, daß sowohl die spezifische Wärme des Harnstoffs,

als auch die des Methylalkohols in den verdünnten Lösungen kleiner ist als im freien Zustand.

Wir sehen also, daß eine Wechselwirkung zwischen Lösungsmittel und der gelösten Substanz eintritt, da die spezifische Wärme der gelösten Substanz nicht negativ werden kann.

Zusammenfassung der Resultate.

Im folgenden sind alle Resultate noch einmal kurz zusammengefaßt.

I. a) Die spezifische Wärme der Mischungen von Glyzerin mit Äthylalkohol und Methylalkohol verhält sich ebenso wie die der anderen bisher untersuchten Alkoholgemische. Dieselbe ist nämlich stets größer als die nach der Mischungsregel berechnete, für gewisse Mischungsverhältnisse sogar größer als die spezifische Wärme derjenigen Flüssigkeit, der die größere spezifische Wärme zukommt. Wir können also entweder annehmen, daß in der Mischung Komplexe von größerer spezifischer Wärme entstehen, ohne daß bei der Erwärmung molekulare Umlagerungen auf Kosten der zugeführten Wärmemenge eintreten, daß also bei der Erwärmung der Gemische eine größere innere Arbeit geleistet werden muß als bei den einzelnen Flüssigkeiten.

b) Die scheinbare Molekularwärme des Glyzerins in einem Gemisch mit Äthylalkohol und Methylalkohol ist nicht konstant.

II. a) Für Lösungen von Harnstoff in Methylalkohol, die unter 4% Harnstoff enthielten, wurde die beobachtete spezifische Wärme kleiner gefunden als die berechnete.

Dagegen war die beobachtete spezifische Wärme für Lösungen von Harnstoff in Methylalkohol, die über 4% Harnstoff enthielten, sowie für Lösungen in Äthylalkohol stets größer als die berechnete. Diese Lösungen schlossen sich also den meisten bisher untersuchten alkoholischen Lösungen an, bei welchen auch c größer war als c'.

b) Die scheinbare Molekularwärme des Harnstoffs in einem Alkohol war nicht konstant, sondern nahm mit der Konzentration ab. Bei Äthylalkohol zeigte sich aber eine geringe Zunahme zwischen 3% und 2% mit einem Maximum bei etwa 2,5%.

c) Die spezifische Wärme des Lösungsmittels in der Lösung ist ebenfalls nicht die gleiche wie im freien Zustand. Es tritt, wie wir aus den negativen Werten für die scheinbare Molekularwärme schließen, eine Wechselwirkung zwischen Lösungsmittel und der gelösten Substanz ein.

II. Teil.

Untersuchung der wäfsrigen und alkoholischen Lösungen von Kadmiumsalzen bei verschiedenen Temperaturen.

Um einen Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und der spezifischen Wärme zu finden, untersuchte ich die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur und Konzentration für diejenigen Lösungen von Kadmiumsalzen, welche Wershofen auf ihr elektrisches Leitvermögen untersucht hatte.

Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme wäßriger Salzlösungen von der Temperatur ist bisher noch wenig untersucht worden.

Für alkoholische Lösungen sind mir keine Untersuchungen bekannt.

Gumlich und Wiebe[1]) fanden für eine Magnesiumchloridlösung eine Zunahme der spezifischen Wärme von —12° bis 0°.

Eine größere Anzahl von Bestimmungen führten, soweit mir bekannt, nur Marignac[2]) und Teudt[3]) aus.

Marignac bestimmte die spezifische Wärme einer Anzahl wäßriger Salzlösungen zwischen 50° und 20° sowie zwischen 25° und 20° nach der Mischungsmethode, indem er einerseits die Salzlösung in einem Platinkölbchen auf 50° erwärmte und dann in ein mit Wasser von 20° gefülltes Kalorimeter tauchte, andererseits aber die Salzlösung selbst als Kalorimeterflüssigkeit benützte und in dieselbe das Kölbchen mit Wasser von 50° tauchte.

---

[1]) Gumlich und Wiebe, Beibl. z. d. Ann. 22, p. 833. 1898.

[2]) Marignac, Annales de Chim. et de Phys. V. Serie, T. A. 1876.

[3]) Teudt, Inangurul-Dissertation, Erlangen 1900.

Die Abweichungen, die Marignac für die spezifische Wärme der wäßrigen Salzlösungen in diesen zwei Temperaturintervallen fand, waren immer kleiner als 0,7%, überschritten also kaum die Fehlergrenzen. Marignac kam daher zu dem Resultat, daß sich die spezifische Wärme der wäßrigen Salzlösungen nur unbedeutend mit der Temperatur ändere.

Teudt benützte gleichfalls die Mischungsmethode. Die Salzlösungen wurden in einem Silbergefäß erhitzt und mit diesem dann in das mit Wasser von ca. 10° gefüllte Kalorimeter gebracht. Er bestimmte so die spezifischen Wärmen zwischen 50°—90° und zwischen 10°—20°. In diesen Temperaturintervallen zeigten alle wäßrigen Salzlösungen mit Ausnahme des Zinksulfats eine kleinere Änderung ihrer spezifischen Wärme mit der Temperatur als das Wasser, ließen aber immerhin eine größere oder kleinere Zunahme ihrer spezifischen Wärme deutlich erkennen.

Die Änderung der spezifischen Wärme der Lösungen wurde nach Teudt fast allein durch das in denselben enthaltene Wasser bedingt.

Um den Einfluß des Wassers zu untersuchen, müssen wir die spezifische Wärme des Wassers genau kennen.

Die bisher gefundenen Werte für die spezifische Wärme des Wassers zeigten nicht nur in ihrer Größenordnung, sondern auch in ihrer Änderung mit der Temperatur starke Abweichungen voneinander. Dieselben betragen bis zu 10%, während die Versuchsfehler doch höchstens 1%—2% betragen.

Lüdin[1]) hat sämtliche Resultate umgerechnet und in einer Tabelle zusammengestellt.

In folgender Tabelle sind die Resultate der neueren Beobachtungen nach der Lüdinschen Zusammenstellung enthalten.

	Bei 0°	10°	20°	30°	40°	60°	80°
Rapp. . . .	1,000	0,986	0,979	0,974	0,972	0,981	1,006
Velten . . .	1,000	0,988	0,979	0,975	0,973	0,975	0,980
Dieterici. .	1,000	0,9943	0,9893	0,9872	0,993	1,006	1,018
Lüdin . . .	1,000	0,9942	0,9916	0,9915	0,993	0,999	1,005

Wir sehen daraus die starken Abweichungen der Resultate der verschiedenen Beobachter.

[1]) Lüdin, Inaug.-Diss., Zürich 1895.

Nach den meisten bisherigen Untersuchungen scheint nur das eine festzustehen, daß die spezifische Wärme des Wassers von 0° an zunächst mit wachsender Temperatur bis etwa 20°—30° abnimmt und dann wächst.

Wie Teudt gezeigt hat, hängen die großen Abweichungen der Resultate für die spezifische Wärme des Wassers von den verschiedenen Versuchsmethoden ab.

Um für Wasser und für wäßrige Lösungen vergleichbare Resultate zu bekommen, ist es daher unbedingt nötig, die spezifische Wärme des Wassers und der Lösungen unter genau den gleichen Versuchsbedingungen zu bestimmen.

Versuchsanordnung.

Die Methode war dieselbe wie im ersten Teil meiner Arbeit.

Ich untersuchte die Lösungen in den Temperaturintervallen 30°—0°, 50°—0° und 70°—0°.

Die Konstanten der von mir benützten zwei Kapillaren waren:

0,19704 bezw. 0,16336.

Erstere benützte ich bei den Messungen bei 50° und 70°, letztere bei jenen bei 30°.

Die Temperaturen bestimmte ich mit Hilfe von in $^1/_5{}^\circ$ geteilten Quecksilberthermometern, die durch Vergleichen mit einem Normalthermometer im elektrischen Heizapparat für die Temperaturen 30°, 50° und 70° geaicht waren.

Die Flüssigkeiten und Lösungen untersuchte ich wieder in Silberfläschchen.

In folgender Tabelle sind der Wasserwert und das Gewicht dieser Fläschchen sowie die Temperaturen, bei welchen ich dieselben benützte, angegeben. Der Wasserwert ist das Mittel aus 10 Beobachtungen.

Temperatur	Wasserwert	Gewicht in g
30°	94,8	8,930
30°	95,2	8,9585
50°	53,9	3,621
50°	60,8	3,980
50°	56,5	3,808
50°	50,7	3,444
70°	70,1	3,357
70°	72,1	3,435
70°	61,7	2,953

Die ersten zwei Fläschchen fassten etwa 1,5 ccm, die anderen ungefähr 1 ccm.

Herstellung der Lösungen.

Die wäßrigen Lösungen stellte ich aus einer nahezu gesättigten Lösung her, deren Gehalt ich dadurch bestimmte, daß ich das Wasser durch Erhitzen über 200° im Trockenofen entfernte.

Aus diesen Lösungen erhielt ich dann durch Zufügen einer bestimmten, abgewogenen Wassermenge die verdünnteren Lösungen.

Bei den alkoholischen Lösungen erhitzte ich zuerst die Salze, und zwar Kadmiumjodid über 110° und Kadmiumbromid über 200°, um sie vollständig wasserfrei zu erhalten, und stellte dann zunächst eine nahezu gesättigte Lösung her unter Beachtung der im ersten Teil angegebenen Vorsichtsmaßregeln. Durch entsprechenden Alkoholzusatz erhielt ich daraus die verdünnteren Lösungen. Den Gehalt der konzentrierten Lösung bestimmte ich durch Verdampfen des Alkohols im Trockenofen. Den Gehalt der übrigen Lösungen fand ich dann durch Berechnung.

Da ich bei den gesättigten Lösungen keine brauchbaren Resultate erhielt, nahm ich von der Untersuchung derselben Abstand.

Beobachtungen und Resultate.

I. Spezifische Wärme der benützten Substanzen.

1. Wasser (H_2O), **Molekulargew. = 17,96.**

In den folgenden Tabellen haben n, G und c die gleiche Bedeutung wie im ersten Teil.

a) Spezifische Wärme des Wassers zwischen 30 und 0°.

n	G	c
243,4	1,379	0,98708
219,0	1,245	0,98370
242,4	1,375	0,98588
218,3	1,240	0,98450
241,9	1,372	0,98606
228,9	1,298	0,98622
251,1	1,425	0,98544
227,2	1,287	0,98722
250,5	1,425	0,98320
225,9	1,281	0,98620
	Mittelwert	0,98555

Die größte Abweichung ist 0,00402, also = 0,41%.

b) Spezifische Wärme des H_2O zwischen 50° und 0°.

n	G	c
329,1	1,317	0,98474
338,6	1,358	0,98258
286,0	1,142	0,98705
279,9	1,121	0,98394
327,6	1,309	0,98624
338,5	1,353	0,98592
284,4	1,140	0,98312
336,5	1,349	0,98302
284,1	1,134	0,98728
326,5	1,303	0,98746
	Mittelwert	0,98514

Die größte Abweichung beträgt 0,00488 = 0,50%.

c) Spezifische Wärme des Wassers zwischen 70° und 0°.

n	G	c
357,8	1,019	0,98838
440,4	1,249	0,99252
424,2	1,207	0,98926
357,2	1,016	0,98962
339,9	0,966	0,99043
436,6	1,243	0,98870
422,1	1,203	0,98764
338,7	0,961	0,99198
342,3	0,973	0,99026
350,6	0,999	0,98785
	Mittelwert	0,98966

Die größte Abweichung beträgt 0,00488 = 0,49%.

Um meine Resultate mit denen anderer Beobachter vergleichen zu können, habe ich aus der Lüdinschen Tabelle die Werte von Rapp, Velten, Dieterici und Lüdin für meine Temperaturintervalle berechnet. Ich fand folgende Werte:

Zwischen	30° u. 0°	50° u. 0°	70° u. 0°
Rapp . .	0,9840	0,9798	0,9808
Velten .	0,9848	0,9804	0,9790
Dieterici	0,9924	0,9927	0,9966
Lüdin . .	0,9938	0,9937	0,9952

Während die Resultate von Rapp und Velten einerseits und von Dieterici und Lüdin andererseits unter sich gut übereinstimmen, zeigen die beiden Gruppen voneinander beträchtliche Abweichungen. Bei Rapp und bei Velten ist die spezifische Wärme zwischen 30° und 0° etwa $^1/_2\,^0/_0$ höher als zwischen 50° und 0°, während diese Wärme mit der zwischen 70° und 0° ziemlich gut übereinstimmt. Bei Dieterici und Lüdin stimmt die spezifische Wärme zwischen 30° und 0° mit der zwischen 50° und 0° überein, während die spezifische Wärme zwischen 70° und 0° größer ist.

Außerdem sind die Werte der letzteren Gruppe stets größer als die der ersteren.

Meine Resultate nun sind:

Zwischen 30° und 0° = 0,98555
„ 50° und 0° = 0,98514
„ 70° und 0° = 0,98966.

Die spezifische Wärme des Wassers zwischen 30° und 0° war gleich der zwischen 50° und 0°, während sie zwischen 70° und 0° höher war.

Ich fand also eine gleiche Änderung der spezifischen Wärme mit der Temperatur wie Dieterici und Lüdin. Meine Resultate waren jedoch sämtlich um 0,7% kleiner als die Diterici und Lüdins, jedoch größer als die Rapps und Veltens.

2. Äthylalkohol (C_2H_5OH), Molekulargew. = 46.

Für die spezifische Wärme des Athylalkohols wurden von den verschiedenen Beobachtern sehr verschiedene Resultate gefunden.

So fanden:

Regnault: $c = 0{,}54754 + 0{,}00112t + 0{,}0_5 2207t^2$.
Schüller: $c = 0{,}5585 + 0{,}0_3 93195t + 0{,}0_6 3463t^2$.
Winkelmann: $c = 0{,}57321 + 0{,}001443t + 0{,}0_4 122t^2$.
Blümcke: $c = 0{,}5383 + 0{,}00289t$.
Timofejew: $c = 0{,}53574 + 0{,}002132t$.

Ich hielt es deshalb für notwendig die spezifische Wärme des Alkohols in den verschiedenen Temperaturintervallen zu bestimmen.

Ich fand folgende Resultate:

a) Spezifische Wärme des Äthylalkohols zwischen 30° und 0°.

n	G	c
109,6	1,065	0,57550
160,7	1,567	0,57351
108,9	1,057	0,57617
160,3	1,559	0,57504
104,2	1,014	0,57467
108,1	1,050	0,57574
103,6	1,007	0,57534
146,0	1,415	0,57700
107,1	1,043	0,57425
144,4	1,407	0,57394
	Mittelwert	0,57512

Die größte Abweichung beträgt 0,00349 = 0,61%.

b) Spezifische Wärme des Äthylalkohols zwischen 50° und 0°.

n	G	c
115,8	0,769	0,59341
96,9	0,642	0,59479
104,6	0,695	0,59310
114,4	0,762	0,59164
96,2	0,637	0,59514
103,7	0,688	0,59397
110,6	0,735	0,59300
119,2	0,793	0,59231
122,4	0,814	0,59257
108,9	0,726	0,59111
	Mittelwert	0,59310

Die größte Abweichung beträgt 0,00403 = 0,68%.

c) Spezifische Wärme des Äthylalkohols zwischen 70° und 0°.

n	G	c
150,3	0,694	0,60691
206,4	0,948	0,61284
145,4	0,670	0,61086
149,4	0,687	0,61213
204,6	0,941	0,61203
143,6	0,663	0,62966
137,3	0,632	0,61150
202,3	0,935	0,60906
142,4	0,657	0,61009
136,2	0,628	0,61048
	Mittelwert	0,61083

Die größte Abweichung beträgt 0,00378 = 0,62%.

Aus diesen drei Werten berechnete ich für die spezifische Wärme des Äthylalkohols die Formel:

$$c = 0{,}552195 + 0{,}001698\,t + 0{,}0_6936\,t^2.$$

Dieser Wert schließt sich den Werten der anderen Beobachter gut an.

Das spezifische Gewicht des Äthylalkohols bestimmte ich mittels des Pyknometers zu 0,798, was einem Gehalt von 98,79% entsprach.

3. Die spezifische Wärme der Kadmiumsalze.

Kadmiumjodid (CdJ_2) Molekulargewicht = 364,78
Kadmiumchlorid ($CdCl_2$) „ = 182,44
Kadmiumbromid ($CdBr_2$) „ = 271,22.

Da für die von mir benützten Salze noch keine Bestimmungen vorlagen, mußte ich die spezifische Wärme derselben erst bestimmen.

Aus je zehn Versuchen erhielt ich im Mittel folgende Resultate.

	zw. 30° u. 0°	zw. 50° u. 0°	zw. 70° u. 0°
CdJ_2 . .	0,05264	0,05274	0,05277
$CdCl_2$ . .	0,09362	0,09583	0,09701
$CdBr_2$ . .	0,06561	0,06690	0,06809

Für die Molekularwärme der Salze in freiem Zustand fand ich daraus durch Berechnung folgende Werte:

	zw. 30° u. 0°	zw. 50° u. 0°	zw. 70° u. 0°
CdJ_2 . . .	19,20	19,23	19,25
$CdCl_2$ . .	17,08	17,39	17,70
$CdBr_2$ . .	17,80	18,14	18,47

Während die spezifische Wärme des $CdCl_2$ und des $CdBr_2$ mit der Temperatur zunimmt, bleibt die spezifische Wärme des CdJ_2 nahezu konstant.

II. Spezifische Wärme der wäßrigen Lösungen.

In den folgenden Tabellen sind die Resultate zusammengestellt, welche ich bei den Untersuchungen der spezifischen Wärme der wäßrigen Lösungen erhalten habe.

In der ersten Spalte unter p steht der Salzgehalt einer Lösung von 100 g, in der zweiten Spalte unter n die Anzahl der Moleküle des Lösungsmittels, in welchen ein Molekül des Salzes gelöst ist.

In der Spalte unter c ist der Mittelwert aus mindestens drei Beobachtungen für die spezifische Wärme angegeben. Hierbei wurden höchstens zwei Beobachtungen mit einem Fläschchen gemacht, da sich infolge der Verdampfung des Wassers der Salzgehalt der Lösung geändert hätte. Unter c' sind die Werte angegeben, die nach der Mischungsregel für die spezifische Wärme der Lösungen berechnet wurden.

1. Lösungen von CdJ_2 in H_2O.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
45,70	24,13	0,57953	0,55922	0,02031	1,0363
29,99	47,41	0,72725	0,70577	0,02148	1,0304
15,16	113,66	0,87235	0,84412	0,02823	1,0334

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
45,70	24,13	0,57220	0,55904	0,01316	1,0236
29,99	47,41	0,71462	0,70552	0,00910	1,0129
15,16	113,66	0,84841	0,84379	0,00462	1,0055

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
45,70	24,13	0,56936	0,56150	0,00786	1,0140
29,99	47,41	0,70932	0,70868	0,00064	1,0009
15,16	113,66	0,83952	0,84762	—0,00810	0,9904

Wir finden also bei den Lösungen von CdJ_2 in Wasser stets eine größere spezifische Wärme, als wir nach der Zusammensetzung erwarten sollten, mit Ausnahme der am meisten verdünnten Lösung zwischen 70° und 0°. Der Unterschied zwischen der beobachteten und der berechneten spezifischen Wärme ist am größten zwischen 30° und 0° und nimmt mit zunehmender

Temperatur und abnehmender Konzentration ab, wie aus den zwei letzten Reihen zu ersehen ist.

Einen besseren Einblick in das Verhalten der Salze erhalten wir, wenn wir die scheinbare Molekularwärme des CdJ_2 in der Lösung betrachten.

Zur Berechnung derselben dient die bereits im ersten Teil zergliederte Formel

$$\alpha = (M + mn)c - mn\gamma.$$

In folgenden Tabellen sind die Werte für das Molekulargewicht $(M + mn)$ und die Molekularwärme $(M + mn)c$ der Lösung sowie für die Molekularwärme des Lösungsmittels $(mn\gamma)$ angegeben.

p, n, c und α haben die bereits früher angegebene Bedeutung.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
45,70	24,13	0,57953	798,2	462,57	427,16	35,41
29,99	47,41	0,72725	1216,33	884,54	839,24	45,30
15,16	113,66	0,87235	2406,37	2099,30	2012,10	87,20

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
45,70	24,13	0,57220	798,20	456,73	426,98	29,75
29,99	47,41	0,71462	1216,33	869,18	838,90	30,28
15,16	113,66	0,84841	2406,37	2041,60	2011,30	30,30

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
45,70	24,13	0,56936	798,20	454,47	428,93	25,54
29,99	47,41	0,70932	1216,33	862,74	842,74	20,00
15,16	113,66	0,83952	2406,37	2020,20	2020,50	—0,30

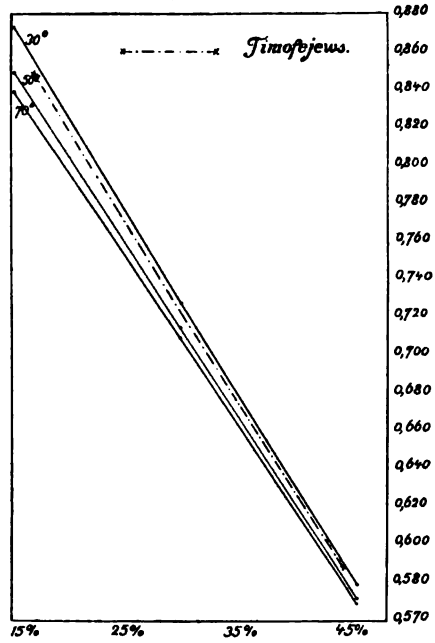
Die scheinbare Molekularwärme (α) nimmt also zwischen 30° und 0° mit abnehmender Konzentration zu, zwischen 50° und 0° ist sie konstant, zwischen 70° und 0° aber nimmt sie ab.

Bei den Betrachtungen der scheinbaren Molekularwärme müssen wir uns immer vor Augen halten, daß dieselbe als Differenz der Molekularwärme der Lösung und des Lösungs-

mittels erhalten wurde, daß also die Abweichungen von α beträchtlich kleiner sind, als sie uns auf den ersten Blick erscheinen.

Von Untersuchungen über wäßrige CdJ_2-Lösungen sind mir nur die von Timofejew[1]) bekannt. Dieser untersuchte Lösungen von 1 Molekül CdJ_2 in 25 bezw. 100 Molekülen Wasser zwischen 50° und 10°. Seine Werte für die scheinbare Molekularwärme sind 27,9 und 21. Diese Werte sind kleiner als die von mir

Fig. 5.



zwischen 50° und 0° gefundenen, aber größer als die zwischen 70° und 0°. Auch nimmt α mit abnehmender Konzentration bei Timofejew zwischen 50° und 10° mehr ab als bei mir zwischen 50° und 0°, aber weniger als zwischen 70° und 0°.

Die Betrachtung der scheinbaren Molekularwärme zum Vergleich meiner Resultate mit denen Timofejews schien mir

[1]) Timofejew, Comptes Rendus 112 p. 1261—63, 1891.

deshalb geeigneter als die Betrachtung der Resultate selbst, da letztere infolge der verschiedenen Versuchsmethoden bei wäßrigen Lösungen, ähnlich wie beim Wasser, stärkere Abweichungen zeigen können.

Bei der scheinbaren Molekularwärme der Salze dagegen ist der Einfluß des Wassers bedeutend geringer.

Um die Resultate selbst mit den meinigen vergleichen zu können, habe ich meine Resultate sowie die Timofejews in Fig. 5 aufgetragen. Die Abszissen sind die Werte für p, die Ordinaten die Werte für c. Die Kurve für die Werte Timofejews verläuft ähnlich meinen Kurven und zwischen den Kurven für 30° und 50°. Die Resultate Timofejews stimmen also mit den meinigen gut überein.

Betrachten wir schließlich noch die Änderung der spezifischen Wärme der CdJ_2-Lösungen mit der Temperatur, so finden wir, daß die spezifische Wärme mit zunehmender Temperatur abnimmt. Und zwar ist diese Abnahme bei den verdünnten Lösungen größer als bei den konzentrierten. Die Abnahme ist stets größer als die wahrscheinlichen Versuchsfehler.

Die scheinbare Molekularwärme nimmt mit zunehmender Temperatur ab, und zwar bei den verdünnten Lösungen stärker als bei den konzentrierten.

2. Lösungen von $CdCl_2$ in H_2O.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	c′	c—c′	c/c′
47,65	11,16	0,56910	0,56055	0,00855	1,0152
32,15	21,44	0,70187	0,69880	0,00307	1,0044
17,12	49,18	0,83149	0,83285	—0,00136	0,9984

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	c′	c—c′	c/c′
47,65	11,16	0,56367	0,56115	0,00252	1,0045
32,15	21,44	0,69174	0,69907	—0,00733	0,9895
17,12	49,18	0,80956	0,83280	—0,02324	0,9721

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	c′	c—c′	c/c′
47,65	11,16	0,56577	0,56432	0,00145	1,0026
32,15	21,44	0,69419	0,70266	—0,00847	0,9879
17,12	49,18	0,81409	0,83683	—0,02274	0,9782

Die beobachteten Werte stimmen auch bei den Lösungen von $CdCl_2$ in Wasser mit den nach der Mischungsregel berechneten nicht überein. Bei den konzentrierten Lösungen ist die beobachtete spezifische Wärme stets größer als die berechnete, bei den verdünnten dagegen kleiner. Die Unterschiede nehmen, wie wir aus den zwei letzten Reihen sehen, mit abnehmender Konzentration und mit zunehmender Temperatur ab und gehen vom Positiven ins Negative über.

Das Verhalten des Salzes in der Lösung ersehen wir wieder aus der Betrachtung der scheinbaren Molekularwärme des Kadmiumchlorids.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
47,65	11,16	0,56910	382,87	217,89	197,54	20,35
32,15	21,44	0,70187	567,50	398,32	379,50	18,82
17,12	49,18	0,83149	1065,72	886,14	870,52	15,62

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
47,65	11,16	0,56367	382,87	215,82	197,45	18,37
32,15	21,44	0,69174	567,50	392,56	379,34	13,22
17,12	49,18	0,80956	1065,72	862,76	870,16	—7,40

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
47,65	11,16	0,56577	382,87	216,62	198,36	18,26
32,15	21,44	0,69419	567,50	393,95	381,08	12,87
17,12	49,18	0,81409	1065,72	867,58	874,14	—6,56

Die scheinbare Molekularwärme α nimmt also bei allen Temperaturen mit der Konzentration ab, und zwar ist die Ab-

nahme zwischen 30° und 0° kleiner als bei den höheren Temperaturen, bei welchen wir für verdünnte Lösungen sogar negative Werte bekommen.

Betrachten wir nun noch die Änderung der spezifischen Wärme mit der Temperatur, so finden wir zwischen 30° und 50° eine Abnahme der spezifischen Wärme mit zunehmender Temperatur. Dieselbe ist um so größer, je mehr Wasser die Lösung enthält. Entsprechend nimmt natürlich auch die scheinbare Molekularwärme des $CdCl_2$ in der Lösung ab, da die Molekularwärme des Wassers in diesem Temperaturintervall nur ganz unbedeutend abnimmt.

Zwischen 50° und 70° finden wir bei allen Konzentrationen eine Zunahme der spezifischen Wärme mit der Temperatur, welche den Versuchsfehler jedoch nur wenig übersteigt.

Die scheinbare Molekularwärme zeigt zwischen diesen Temperaturen eine kleine Abnahme. Doch ist dieselbe so gering, daß wir die Molekularwärme als konstant betrachten können. Die Zunahme der spezifischen Wärme der $CdCl_2$-Lösungen ist also etwas kleiner als die Zunahme der spezifischen Wärme des Wassers und nur dem Einfluß desselben zuzuschreiben.

$CdCl_2$ zeigt also für Temperaturen über 50° die gleiche Erscheinung wie die meisten Salze, die Teudt untersucht hat.

3. Lösungen von $CdBr_2$ in Wasser.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	c′	c—c′	c/c′
41,98	20,87	0,60533	0,59937	0,00596	1,0099
31,88	32,27	0,69693	0,69227	0,00466	1,0067
16,13	78,52	0,84123	0,83716	0,00407	1,0049

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	c′	c—c′	c/c′
41,98	20,87	0,60066	0,59967	0,00099	1,0017
31,88	32,27	0,68799	0,69240	—0,00441	0,9936
16,13	78,52	0,83002	0,83703	—0,00701	0,9916

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	c′	c—c′	c/c′
41,98	20,87	0,60204	0,60278	—0,00074	0,9988
31,88	32,27	0,68968	0,69585	—0,00617	0,9911
16,13	78,52	0,83357	0,84096	—0,00739	0,9912

Die Abweichungen der beobachteten Werte von den berechneten sind bei diesen Lösungen zwar geringer als bei den vorhergehenden, betragen aber doch noch nahezu 1%.

Zwischen 30° und 0° ist die beobachtete spezifische Wärme stets größer als die berechnete, zwischen 70° und 0° dagegen stets kleiner.

Zwischen 50° und 0° ist für die konzentrierte Lösung c größer als c′, für die beiden andern aber kleiner. Die Unterschiede werden, wie wir aus den zwei letzten Reihen sehen, mit Abnahme der Konzentration und mit zunehmender Temperatur kleiner.

Zur Betrachtung von α dienen uns dann folgende Tabellen:

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
41,98	20,87	0,60533	646,07	391,08	369,44	21,64
31,88	32,27	0,69693	850,75	592,93	571,15	21,78
16,13	78,52	0,84123	1681,48	1414,50	1389,90	24,60

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
41,98	20,87	0,60066	646,07	388,07	369,28	18,79
31,88	32,27	0,68799	850,75	585,32	570,91	14,41
16,13	78,52	0,83002	1681,48	1395,66	1389,32	6,34

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
41,98	20,87	0,60204	646,07	388,96	370,97	17,99
31,88	32,27	0,68968	850,75	586,76	573,53	13,23
16,13	78,52	0,83357	1681,48	1401,65	1395,66	5,99

Zwischen 30° und 0° finden wir eine geringe Zunahme von α. Doch beträgt diese Zunahme weniger als 0,3%, wir können also die scheinbare Molekularwärme in diesem Temperaturintervall als konstant annehmen.

Bei den höheren Temperaturen nimmt α dagegen mit der Konzentration ab.

Betrachten wir die Änderung der spezifischen Wärme mit der Temperatur, so sehen wir, daß die spezifische Wärme bei allen Konzentrationen zwischen 50° und 0° kleiner ist als zwischen 30° und 0°. Dagegen ist sie zwischen 70° und 0° wieder größer. Wir finden also, ebenso wie bei den $CdCl_2$-Lösungen, zuerst eine Abnahme und dann eine Zunahme der spezifischen Wärme.

Die scheinbare Molekularwärme α nimmt mit zunehmender Temperatur ab. Die Zunahme der spezifischen Wärme zwischen 50° und 70° ist also nur durch den Einfluß des Wassers bedingt und kleiner als die Zunahme der spezifischen Wärme des Wassers. Wir finden wieder die Tatsache bestätigt, daß die spezifische Wärme der Salzlösungen bei höheren Temperaturen zwar zunimmt, doch weniger als die des Wassers.

Eine Vergleichung der für die einzelnen Kadmiumsalze erhaltenen Resultate läßt uns erkennen, daß sich die $CdCl_2$- und $CdBr_2$-Lösungen in Bezug auf ihre spezifische Wärme ganz analog verhalten, daß dagegen die CdJ_2-Lösungen sich mehrfach von jenen unterscheiden.

Ein entsprechendes Verhalten zeigen diese Lösungen auch, wie Wershofen[1]) nachgewiesen, in Bezug auf ihr elektrisches Leitvermögen. Es verhielten sich die Lösungen von CdJ_2 meist anders wie die Lösung von $CdCl_2$ und $CdBr_2$.

Bei allen drei Salzlösungen finden wir keine Übereinstimmung mit den nach der Mischungsregel berechneten Werten. Die Abweichungen ersehen wir am besten aus dem Verhältnis der beobachteten spezifischen Wärme zur berechneten, also aus c/c'. Dieses Verhältnis ist in Fig. 6 aufgetragen.

Da dieses Verhältnis für $CdCl_2$-Lösungen zwischen 50° und 0° und zwischen 70° und 0° nahezu das gleiche ist, habe ich für diese beiden Werte nur eine Kurve gezeichnet.

---

[1]) Wershofen, Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. V, p. 481, 1890.

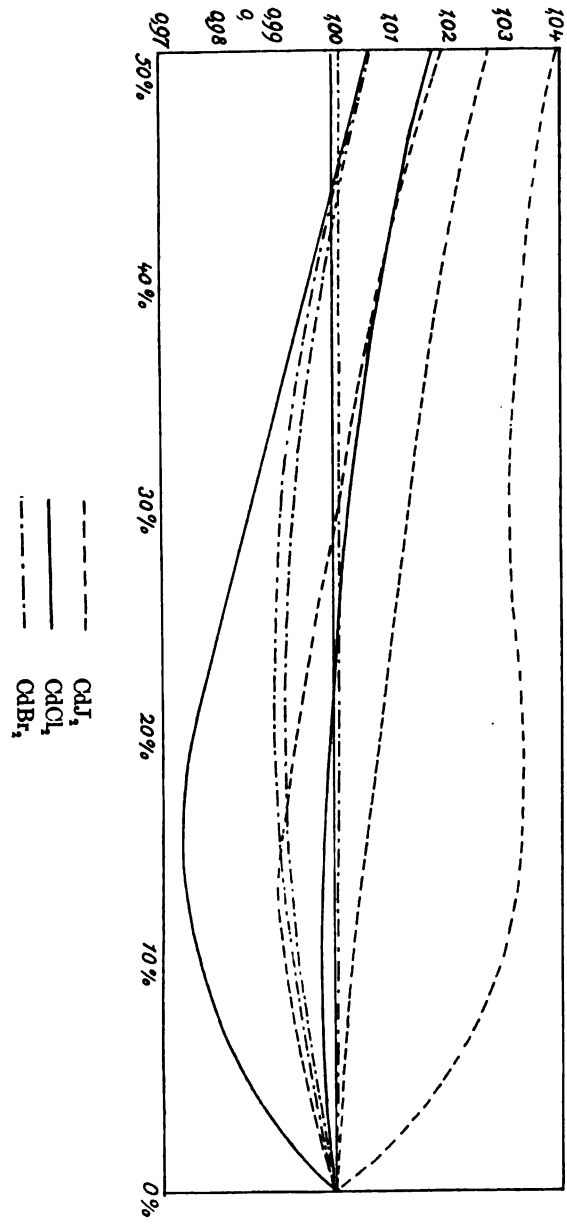


Fig. 6.

Bei den CdJ_2-Lösungen ist die beobachtete spezifische Wärme bei 30° und 50° stets größer als die berechnete, also c/c' größer als 1, bei 70° aber nur für Lösungen, die über 29% CdJ_2 enthalten.

Bei den $CdCl_2$- und $CdBr_2$-Lösungen dagegen ist die beobachtete spezifische Wärme für Lösungen, die weniger als 42% Salz enthalten, bei 50° und 70° kleiner als die berechnete, bei konzentrierteren Lösungen ist sie nur wenig größer. Zwischen 30° und 0° besitzen sämtliche $CdBr_2$-Lösungen eine spezifische Wärme, die nur unbedeutend größer ist als die berechnete, bei den $CdCl_2$-Lösungen aber ist die beobachtete spezifische Wärme für konzentrierte Lösungen bis zu 22% größer, von da ab kleiner als die berechnete.

Die Betrachtung der Änderung der spezifischen Wärme mit der Temperatur zeigt uns, daß die spezifische Wärme der CdJ_2-Lösungen mit zunehmender Temperatur abnimmt.

Die $CdCl_2$- und $CdBr_2$-Lösungen zeigten unter 50° gleichfalls eine Abnahme der spezifischen Wärme mit zunehmender Temperatur. Dagegen fand sich über 50° eine Bestätigung der Resultate Teudts.

Die spezifische Wärme dieser Lösungen nahm nämlich mit der Temperatur zu, jedoch weniger als die des Wassers. Die Änderung war fast allein durch das in der Lösung enthaltene Wasser bedingt.

Die scheinbare Molekularwärme nahm bei den sämtlichen Lösungen mit zunehmender Temperatur ab, bei den CdJ_2-Lösungen jedoch bedeutend mehr als bei den anderen Lösungen.

III. Spezifische Wärme der alkoholischen Lösungen.

In den folgenden Tabellen haben p, n und c' dieselbe Bedeutung wie bei den wäßrigen Lösungen. Die Werte unter c sind die Mittelwerte aus mindestens fünf Beobachtungen, die höchstens um 0,7% voneinander abwichen. Infolge der Verdampfung des Alkohols war es mir nicht möglich eine größere Genauigkeit zu erzielen. Um zu vermeiden, daß sich die Konzentration der Lösung infolge der Verdampfung des Alkohols änderte, wurde mit einem Fläschchen immer nur ein Versuch gemacht.

1. Lösungen von CdJ_2 in C_2H_5OH.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
35,75	14,25	0,41218	0,38834	0,02384	1,0614
18,60	34,70	0,48904	0,47793	0,01111	1,0232

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
35,75	14,25	0,42381	0,39992	0,02389	1,0597
18,60	34,70	0,50388	0,49259	0,01129	1,0229

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
35,75	14,25	0,43505	0,41132	0,02373	1,0577
18,60	34,70	0,51712	0,50703	0,01009	1,0193

Die beobachtete spezifische Wärme ist also bei allen Temperaturen und bei allen Konzentrationen größer als die nach der Mischungsregel berechnete. Die Unterschiede sind am größten in den konzentrierten Lösungen und nehmen mit abnehmender Konzentration und mit zunehmender Temperatur ab.

Um das Verhalten des Salzes in der Lösung zu betrachten, berechnen wir wieder die scheinbare Molekularwärme α des CdJ_2 in den alkoholischen Lösungen.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
35,75	14,25	0,41218	1020,35	420,57	377,03	43,54
18,60	34,70	0,48904	1961,19	959,12	918,12	41,00

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
35,75	14,25	0,42381	1020,35	432,43	388,82	43,61
18,60	34,70	0,50388	1961,19	988,20	946,82	41,38

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	a
35,75	14,25	0,43505	1020,35	443,90	400,45	43,45
18,60	34,70	0,51712	1961,19	1014,17	975,12	39,05

a nimmt also mit der Konzentration ein wenig ab, ändert sich aber mit der Temperatur nur unbedeutend. Die größte Abnahme von a mit der Konzentration zeigen die Lösungen zwischen 70° und 0°. Berücksichtigen wir wieder den Umstand, daß a als Differenz der Molekularwärmen der Lösung und des Lösungsmittels erhalten wurde, so sehen wir, daß a sich nicht ändern würde, wenn wir die spezifische Wärme, also auch die Molekularwärme der verdünnten Lösung bei 70° um 0,44% größer annehmen würden.

Die größte Abnahme von a entspricht also einer Abnahme der spezifischen Wärme der Lösung, die kleiner ist als der Versuchsfehler, wir können also a als konstant annehmen.

Timofejew fand zwischen 50° und 10° für diese Lösungen das gleiche Resultat. Seine Werte selbst sind in folgender Tabelle angegeben.

p	n	c	c_1	a
44,23	10	0,33646	0,33692	50,9
7,35	100	0,56548	0,56596	43,6

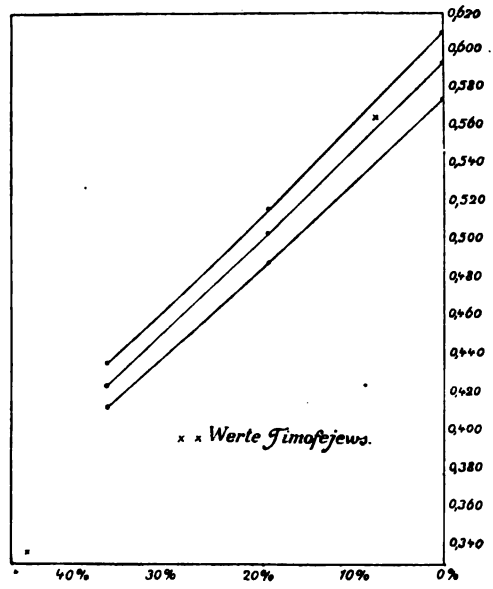
Der Wert von a für die verdünnte Lösung stimmt mit den von mir gefundenen gut überein. Die verhältnismäßig geringe Abweichung des Wertes von a für die konzentrierte Lösung findet ihre Erklärung darin, daß diese Lösung dem Sättigungspunkt näher ist als die von mir untersuchte und infolgedessen die Krystallisationswärme bereits zur Geltung kommt.

In Fig. 7 sind meine Resultate und die Timofejews aufgetragen. Die Abszissen sind die Werte für p, die Ordinaten die Werte für c.

Der Wert für die verdünnte Lösung liegt in der Nähe der von mir gefundenen Werte. Die Abweichung des anderen Wertes erklärt sich dadurch, daß die von Timofejew untersuchte Lösung nahezu gesättigt ist.

Timofejew hat nun den Mittelwert der scheinbaren Molekularwärme a des CdJ_2 in den alkoholischen Lösungen als Molekularwärme des CdJ_2 in der Lösung angenommen und hieraus die spezifische Wärme des CdJ_2 berechnet. Unter Benützung dieses Wertes berechnete er dann die spezifische Wärme der Lösungen nach der Mischungsregel. Die hierbei gefundenen Werte sind unter c_1 angegeben.

Fig. 7.



Der Mittelwert der von mir gefundenen Werte für a ist 42,005. Also die mittlere spezifische Wärme des CdJ_2 in den alkoholischen Lösungen $\frac{42{,}005}{364{,}78} = 0{,}11515$.

Bei Benützung dieses Wertes für die Berechnung der spezifischen Wärme der Lösung erhielt ich die in den folgenden Tabellen angegebenen Werte für c_1.

Die Größen unter $(c—c_1)$, und c/c_1 geben uns die Differenz bezw. das Verhältnis der beobachteten (c) und berechneten (c_1) spezifischen Wärme an.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	c_1	$c-c_1$	c/c_1
35,75	14,25	0,41218	0,41069	0,00149	1,0036
18,60	34,70	0,48904	0,48956	—0,00052	0,9990

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	c_1	$c-c_1$	c/c_1
35,75	14,25	0,42381	0,42224	0,00157	1,0037
18,60	34,70	0,50388	0,50420	—0,00032	0,9994

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	c_1	$c-c_1$	c/c_1
35,75	14,25	0,43505	0,43362	0,00143	1,0033
18,60	34,70	0,51712	0,51863	—0,00151	0,9971

Wie wir aus der letzten Reihe sehen, beträgt die größte Abweichung der auf diese Weise berechneten Werte von den Beobachtungen 0,37%, ist also beträchtlich kleiner als der Beobachtungsfehler. Wir gelangen also zu dem Schluß, daß die Molekularwärme des CdJ_2 in einer alkoholischen Lösung konstant ist. Jedoch ist dieselbe mehr als doppelt so groß als die Molekularwärme des Salzes im freien Zustand. Der Wert Timofejews ist etwas größer als der von mir gefundene.

Betrachten wir noch den Einfluß der Temperatur auf die spezifische Wärme dieser Lösungen, so finden wir, daß dieselbe mit der Temperatur zunimmt. Da sich aber die Molekularwärme des Salzes in der Lösung mit der Temperatur nicht ändert, ist die Änderung der spezifischen Wärme der Lösungen allein durch den in denselben enthaltenen Alkohol bedingt.

2. Lösungen von $CdBr_2$ in C_2H_5OH.

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	c′	c—c′	c/c′
14,37	35,13	0,50996	0,50191	0,00805	1,0160
7,49	72,82	0,54029	0,53696	0,00333	1,0062

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
14,37	35,13	0,52567	0,51749	0,00818	1,0158
7,49	72,82	0,55708	0,55370	0,00338	1,0061

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	c'	c—c'	c/c'
14,37	35,13	0,54070	0,53284	0,00786	$1{,}0_{148}$
7,49	72,82	0,57327	0,57018	0,00307	$1{,}0_{054}$

Die beobachtete spezifische Wärme ist also auch bei diesen Lösungen stets größer als die berechnete. Die Abweichungen sind in den verschiedenen Temperaturintervallen bei den gleichen Konzentrationen nahezu die gleichen, nehmen aber mit der Konzentration ab.

Bei der Berechnung der scheinbaren Molekularwärme α des $CdBr_2$ in den alkoholischen Lösungen fand ich folgende Resultate:

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
14,37	35,13	0,50996	1887,44	962,52	923,50	33,02
7,49	72,82	0,54029	3620,97	1956,36	1926,50	29,86

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
14,37	35,13	0,52567	1887,44	992,18	958,56	33,62
7,49	72,82	0,55708	3620,97	2017,20	1986,73	30,47

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	M + mn	(M + mn)c	mnγ	α
14,37	35,13	0,54070	1887,44	1020,54	987,20	33,34
7,49	72,82	0,57327	3620,97	2075,81	2046,10	29,71

α ändert sich mit der Temperatur nicht, nimmt aber mit der Konzentration ein wenig ab. Diese Abnahme entspricht aber einer Änderung der spezifischen Wärme der Lö-

sung von nur 0,2%. Wir können deshalb α wieder als konstant annehmen.

Das Mittel der von mir gefundenen Werte von α ist 31,67. Daraus berechnet sich die mittlere spezifische Wärme des $CdBr_2$ in den alkoholischen Lösungen $= \frac{31,67}{271,22} = 0,11677$.

Bei Benützung dieses Wertes für die spezifische Wärme des $CdBr_2$ fand ich bei der Berechnung der spezifischen Wärme der Lösungen nach der Mischungsregel folgende Werte für c_1:

a) Zwischen 30° und 0°.

p	n	c	c_1	$c-c_1$	c/c_1
14,37	35,13	0,50996	0,50926	0,00070	1,0014
7,49	72,82	0,54029	0,54080	−0,00051	0,9990

b) Zwischen 50° und 0°.

p	n	c	c_1	$c-c_1$	c/c_1
14,37	35,13	0,52567	0,52466	0,00101	1,0019
7,49	72,82	0,55708	0,55744	−0 00036	0,9994

c) Zwischen 70° und 0°.

p	n	c	c_1	$c-c_1$	c/c_1
14,37	35,13	0,54070	0,53984	0,00086	1,0016
7,49	72,82	0,57327	0,57383	−0,00056	0,9990

Wir sehen aus den letzten zwei Reihen, daß die Abweichung zwischen den auf diese Weise berechneten Werten und den beobachteten stets kleiner ist als 0,2%. Wir können also die Molekularwärme des $CdBr_2$ in den alkoholischen Lösungen konstant annehmen. Dieselbe ist aber bedeutend größer als im freien Zustand.

Eine Betrachtung der Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur zeigt uns, daß die spezifische Wärme mit der Temperatur zunimmt. Da sich aber die Molekularwärme des Salzes in der Lösung nicht mit der Temperatur ändert, ist die Änderung der spezifischen Wärme der Lösung allein dem Einfluß des Alkohols zuzuschreiben.

Endresultate.

Die spezifische Wärme läßt sich ohne weiteres weder bei den wäßrigen noch bei den alkoholischen Lösungen nach der Mischungsregel berechnen. Nimmt man aber an, daß diesen Salzen in den alkoholischen Lösungen eine größere spezifische Wärme als im freien Zustand zukommt, — wir bestimmen jene aus dem Mittelwert der scheinbaren Molekularwärme der Salze in den Lösungen —, so können wir die spezielle Wärme der alkoholischen Lösungen nach der Mischungsregel berechnen.

Bei den wäßrigen Lösungen dagegen ist die scheinbare Molekularwärme der Salze in den Lösungen nicht konstant. Sie nimmt mit abnehmender Konzentration und mit zunehmender Temperatur ab und wird sogar teilweise negativ, was darauf schließen läßt, daß zwischen dem Lösungsmittel und der gelösten Substanz eine Wechselwirkung eintritt.

Eine Ausnahme machen die Kadmiumjodidlösungen zwischen 50° und 0° und die Kadmiumbromidlösungen zwischen 30° und 0°, bei denen α nahezu konstant ist.

Bei den Kadmiumjodidlösungen zwischen 30° und 0° nimmt α sogar mit abnehmender Konzentration zu.

Bei den alkoholischen Lösungen zeigte α allerdings auch eine geringe Abnahme mit der Konzentration, da dieselbe aber immer kleiner als der Versuchsfehler war, konnten wir α als konstant annehmen.

Die beobachtete spezifische Wärme war bei den alkoholischen Lösungen stets größer, bei den wäßrigen meist kleiner als die berechnete. Je niedriger die Temperatur und je größer die Konzentration, desto größer ist die beobachtete spezifische Wärme der wäßrigen Lösungen im Vergleich zur berechneten.

Bei den Kadmiumjodidlösungen ist die beobachtete spezifische Wärme nur für die verdünnte Lösung zwischen 70° und 0° kleiner ist als die berechnete, sonst aber immer größer.

II. Die spezifische Wärme der alkoholischen Lösungen nimmt mit der Temperatur zu. Da sich aber die scheinbare Molekularwärme der Salze in den alkoholischen Lösungen mit der Temperatur nicht ändert, ist jene Änderung allein dem Äthylalkohol zuzuschreiben.

Die wäßrigen Kadmiumjodidlösungen zeigen eine Abnahme der spezifischen Wärme mit zunehmender Temperatur.

Die übrigen wäßrigen Lösungen verhalten sich ähnlich wie das Wasser.

Die spezifische Wärme dieser Lösungen nimmt zuerst mit zunehmender Temperatur ab, dann aber zu. Infolge der stetigen Abnahme der spezifischen Wärme der Salze in den wäßrigen Lösungen ist der Verlauf dieser Änderung aber anders als beim Wasser. Die Abnahme der spezifischen Wärme der Lösungen ist größer als beim Wasser und geht etwa bis 50°, die Zunahme dagegen ist bei den Lösungen etwas kleiner als beim Wasser.

Teudt gelangte bei der Untersuchung von wäßrigen Lösungen über 50° zu einem analogen Resultat. Die spezifische Wärme der meisten Lösungen nahm mit der Temperatur zu, jedoch weniger als die des Wassers.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann meinen herzlichsten Dank auszusprechen für seine vielseitigen Anregungen und wertvollen Winke.

Auch Herrn Prof. Dr. G. C. Schmidt und Herrn Privatdozenten Dr. Wehnelt möchte ich an dieser Stelle meinen innigsten Dank für das gütige Interesse, daß sie für meine Arbeit zeigten, ausdrücken.

Über das Verhalten der Kathodenstrahlen in elektrischen Feldern.

Von Friedrich Schneider.

Aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.

I. Einleitung.

Nachdem in zahlreichen theoretischen wie experimentellen Arbeiten die Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen durch magnetische und elektrische Kraftfelder näher untersucht ist, lag der Gedanke nahe, dieselben besonders ihrer Trägheitslosigkeit wegen zu Untersuchungen rasch veränderlicher Spannungen zu verwerten. Insbesondere wollte ich auf den Vorschlag des Herrn Dr. Wehnelt die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen in der Braunschen Röhre zur Messung von Funkenpotentialen großer Induktorien verwenden. Hierzu bedurfte ich einer Aichungskurve, die ein auf hohes Potential transformierter Wechselstrom liefern sollte. Es zeigte sich, daß bei der geringen Wechselzahl (60 $\sim$) die Kathodenstrahlen nicht mehr den Veränderungen des Feldes folgten. Ich erhielt keine reine Sinuskurve im rotierenden Spiegel, während Herr H. Ebert[1]) bei 1000 und mehr Wechseln gute Sinuskurven bekam.

Gerade an den für meine Zwecke wertvollsten Stellen der maximalen Ablenkung des Fluoreszenzflecks traten Einbuchtungen auf. Es folgt hieraus, daß der zeitliche Verlauf der Potentialänderung eine wichtige Rolle spielt.

Auf Anraten des Herrn Professor Dr. E. Wiedemann habe ich deshalb im folgenden untersucht, welche Umstände das Verhalten der Kathodenstrahlen in der Braunschen Röhre zwischen zwei geladenen Kondensatoren bestimmen.

[1]) H. Ebert, Wied. Ann. Bd. 64, 240. 1898.

In der physikalischen Literatur sind in den letzten sechs Jahren — wie schon eingangs erwähnt — zahlreiche Arbeiten speziell über diesen Gegenstand erschienen. Der Schwerpunkt, um den es sich bei diesen Arbeiten handelt, liegt in dem Nachweis, ob die Kathodenstrahlen elektrostatisch ablenkbar sind oder nicht.

Theoretisch muß eine solche Eigenschaft der Kathodenstrahlen, die nachgewiesenermaßen negative Ladung mit sich führen, ebenso möglich sein wie die magnetische Ablenkbarkeit, welche schon längst festgestellt ist.

Bekanntlich verliefen die Versuche von Heinrich Hertz[1]), eine elektrostatische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen nachzuweisen, mit negativem Erfolg.

Herr Jaumann[2]) war wohl der erste, der im Jahre 1896 durch elektrostatischen Einfluß eine Ablenkung der Kathodenstrahlen zu erzielen im stande war. Jedoch verschwand, trotzdem das elektrische Feld konstant blieb, sofort wieder die Ablenkung. Er hat diese unvermutete Erscheinung mit „Selbststreckung der Kathodenstrahlen“ zu erklären versucht. Die von ihm angewandte Methode war nicht einwandfrei; die Ablenkung der Kathodenstrahlen hatte vor allem, wie die Herren E. Wiedemann und G. C. Schmidt[3]) nachgewiesen haben, ihren Grund in der bei seiner Versuchsanordnung bedingten Verschiebung der Ansatzstelle und in Veränderungen im Felde.

Erneute Aufmerksamkeit wurde der Frage der elektrostatischen Ablenkung der Kathodenstrahlen zugewandt, als die Crookessche Theorie über die Natur der Kathodenstrahlen wieder frisch aufzuleben und in einwandfreierer Form, wenn nicht allein herrschend, so doch sehr einflußreich auf die neueren Ansichten über die komplizierten Entladungs-Erscheinungen einzuwirken begann.

Im Jahre 1897 wurde von J. J. Thomson[4]) und etwas später von den Herren W. Kaufmann und Aschkinas[5]) die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen festgestellt

---

[1]) H. Hertz, Wied. Ann. Bd. 19, 809. 1883.
[2]) Jaumann, Wied. Ann. Bd. 59, 262. 1896.
[3]) E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. 60, 510. 1897.
[4]) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 44, 293. 1897.
[5]) Kaufmann und Aschkinas, Wied. Ann. 62, 588. 1897.

und die Gesetze unter Zugrundlegung der Emissionstheorie mathematisch formuliert.

Im Jahre 1898 folgten dann die diesbezüglichen Arbeiten der Herren Ph. Lenard[1]) und W. Wien[2]), welche unter Anwendung von ganz reinen Versuchsbedingungen ebenfalls zu dem Ergebnis kamen, daß die Ablenkung der Kathodenstrahlen als rein elektrostatisch aufgefaßt werden muß.

Die Herren Lenard und W. Wien ließen nämlich die Kathodenstrahlen durch ein Aluminiumfenster aus der Entladungsröhre heraus in ein nahezu vollständiges Vakuum treten, wo sie den Zwischenraum zweier geladenen Kondensatorplatten zu passieren hatten. Die Ablenkung blieb dann konstant, wenn das Feld konstant blieb.

Zu gleicher Zeit, in welcher die elektrostatische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen endgültig nachgewiesen schien, tauchten Zweifel an einer solchen Möglichkeit auf. Veranlaßt wurden sie durch eine Beobachtung von Herrn K. E. F. Schmidt[3]), welcher unter Benutzung der eben erst von Herrn Braun[4]) angegebenen sehr bequemen Form der Entladungsröhren fand, dass der Fluoreszenzfleck auf dem Fluoreszenzschirm nicht durch elektrostatische Kräfte an sich, sondern durch zeitliche Änderung der Feldstärke, also z. B. durch elektrische Schwingungen abgelenkt wurde.

H. Ebert[5]) findet diese Erscheinung bestätigt in seiner eingehenden Untersuchung über das „Verhalten der Kathodenstrahlen in Wechselfeldern". Die Ursache der Kathodenstrahlablenkung liegt nach Herrn Ebert bei einer Versuchsanordnung, wie sie die Benützung einer Braunschen Röhre notwendig macht, in den Umbiegungen, welche die Kathodenstrahlen erfahren, wenn sie auf die durch elektrische Schwingungen im Rohrinnern hervorgerufenen dunkeln Kathodenräume treffen. Die Ablenkung der Kathodenstrahlen ist demnach erst sekundär eine Folge elektrostatischer Felder. Direkte elektrostatische

[1]) Ph. Lenard, Wied. Ann. 64, 279. 1898.

[2]) W. Wien, Wied. Ann. 65, 440. 1898.

[3]) Abhandl. der Naturforsch. Gesellsch. zu Halle 21, 161. u. 171 sowie 227. 1897/98.

[4]) Wied. Ann. Bd. 60, 552. 1897.

[5]) H. Ebert, Wied. Ann. Bd. 64. 240. 1898.

Beeinflussung der Kathodenstrahlen hält Herr Ebert zwar für möglich, obwohl ihr Einfluß zu schwach sei, um mit der Braunschen Röhre nachweisbar zu sein.

Die letzte Arbeit über diesen Gegenstand ist 1901 von Herrn Milham[1]) veröffentlicht worden, als ich eben die Vorversuche und den qualitativen Teil meiner Arbeit zum Abschluß gebracht hatte. Methode, Form der benutzten Röhren sowie auch zum Teil meine Resultate sind so wesentlich verschieden von den seinen, daß ich keine Veranlassung nahm, meine begonnenen Untersuchungen abzubrechen.

Herr Milham benutzt ebenfalls die Braunsche Röhre. Die elektrischen Felder erzeugt der Verfasser mit Hilfe einer größeren Wasserbatterie, indem er die außen angelegten Kondensatorplatten hinter dem Diaphragma der Braunschen Röhre mit den Polen seiner Batterie verbindet und dann kommutiert. Solange das Feld konstant blieb, zeigte sich keine Ablenkung der Kathodenstrahlen, wohl aber im Momente des Kommutierens. Der Sprung des Fluoreszenzflecks geschah momentan, die Rückkehr erfolgte jedoch langsamer, in meßbarer Zeit. Herr Milham erklärt diese Erscheinung als eine elektrostatische Wirkung auf die Kathodenstrahlen, und die Rückkehr des Flecks hat nach seiner Ansicht ihre Ursache in dem Zusammenbrechen des Feldes infolge der Leitfähigkeit des von den Kathodenstrahlen ionisierten Gases.

Bei der außerordentlichen Verwickeltheit der auftretenden Erscheinungen dürfte es wesentlich zur Erleichterung der Übersicht über die auf folgenden Seiten wiedergegebenen Versuchsresultate beitragen, wenn zunächst kurz die Hauptergebnisse der Versuchsreihen mitgeteilt werden und weiter auf eine Reihe von Gesichtspunkten hingewiesen wird, welche es wenigstens qualitativ gestatten, die Resultate zu deuten.

Die Hauptresultate sind folgende:

1. In einem konstanten elektrischen Feld erfahren die Kathodenstrahlen in der Braunschen Röhre bei der ge-

---

[1]) Physikal. Zeitschrift 1901, Nr. 41, 37, und Milham, Über die Verwendbarkeit der Braunschen Röhre zur Messung elektrischer Felder. Inaugural-Dissertation, Straßburg 1901.

wöhnlichen Versuchsanordnung[1]) keine konstante Ablenkung.

2. Beim plötzlichen Anlegen eines Feldes werden die Kathodenstrahlen abgelenkt, kehren aber, sobald dasselbe konstant geworden ist, schnell in ihre Anfangslage zurück.
3. Die Ablenkung ist rein elektrostatischer Natur; dunkle Kathodenräume kommen nicht in Betracht.
4. Auf die Größe der Ablenkung, die Art, wie dieselbe erreicht wird und wie sie abnimmt, sind von Einfluß:
   α) die Gestalt und Dimension der Röhre,
   β) die Höhe des angelegten Potentials,
   γ) das Entladungspotential im Rohr,
   δ) die Schnelligkeit, mit der die Höhe desselben erreicht wird,
   ε) ob die eine der Indikatorplatten zur Erde abgeleitet und die andere positiv oder negativ geladen wird[2]).

Bei Benützung einer solchen Braunschen Röhre kommt folgendes in Betracht:

1. Wir wollen annehmen, daß die Kathodenstrahlen in ein vollkommenes Vakuum eintreten, dann haben wir es mit einer rein elektrostatischen Ablenkung zu tun. Dieselbe muß unabhängig von der Zeit sein, vorausgesetzt, daß die von den Kathodenstrahlen in den Raum hineingeführte freie negative Elektrizität auf eine Platte fällt, die zur Erde abgeleitet ist, so daß die von den Kathodenstrahlen mitgeführte Elektrizität abfließen kann. Ist dies nicht der Fall, so häuft sich auf der dem positiv geladenen Indikator zugewandten Glaswand allmählich negative Elektrizität von den Kathodenstrahlen an, bis die Wirkung desselben nach außen $= 0$ ist, also der Potentialgradient verschwunden ist. Demnach kann selbst in solch einer tief evakuierten Röhre der Potentialgradient nicht auf die Dauer aufrecht erhalten bleiben. Die Schnelligkeit, mit der derselbe

[1]) Unter gewöhnlicher Versuchsanordnung ist in Zukunft immer gemeint, daß die Kondensatorplatten außerhalb der evakuierten Röhre liegen, wie es bei den Untersuchungen der Herrn K. E. F. Schmidt, H. Ebert und Milham der Fall war.

[2]) Dieser Unterschied soll in Zukunft der Kürze wegen mit „positive und negative Felder“ bezeichnet werden.

BOSTON MEDICAL
26 1911

verschwindet, wird natürlich davon abhängen, wie groß die Mengen der freien negativen Elektrizität sind, welche durch die Kathodenstrahlen in den Raum hineingeführt werden. Dies wäre der einfachste, aber bei der Benützung der Braunschen Röhre nicht realisierbare Fall.

2. Die Kathodenstrahlen treten in einen mit Gas erfüllten Raum. Wir haben dann 2 Fälle zu unterscheiden:

a) Der mit Gas erfüllte Raum sei soweit verdünnt, daß selbst bei Anlegung eines ziemlich hohen Potentials keine Entladung hindurch geht. In diesem Fall wird der Gradient zwischen den beiden Platten konstant sein, solange keine Kathodenstrahlen durch die Röhre gehen. Schicken wir jetzt einen Kathodenstrahl durch, so wird derselbe vom elektrostatischen Feld im ersten Moment abgelenkt. Hierauf ionisieren aber die Kathodenstrahlen das Gas, und die hierdurch erzeugten Ionen werden zur + – und — Elektrizität hingetrieben und vernichten dadurch das Feld.

b) Ist aber der Druck so hoch, daß das angelegte Potential unabhängig von den Kathodenstrahlen einen Transversalstrom hervorzurufen im stande ist, so ist die Zerstörung des Feldes eine sehr viel raschere.

Auf Grund dieser prinzipiellen Darlegungen lassen sich denn auch die Erklärungen der in folgenden Untersuchungen gefundenen Spezialresultate zurückführen.

II. Methode.

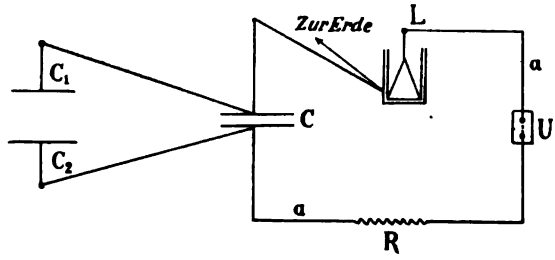
Um einen Einblick in den Verlauf der Ablenkung sowie der Rückkehr der Kathodenstrahlen zu erhalten, müssen wir ein meßbar veränderliches elektrisches Feld erzeugen. Die Veränderungen in den bis jetzt gewöhnlich durch Wechselstrom-Maschinen erzeugten Felder sind relativ langsam. Die Wechsel in den mit Teslaströmen zusammenhängenden Feldern sind nicht einfach zu übersehen. In allen Wechselfeldern treten Komplikationen auf dadurch, daß die Richtung des Feldes sich fortwährend ändert.

Weit schnellere und innerhalb weiter Grenzen variierbare Veränderungen in elektrischen Feldern, welche zudem nur in einem Sinn erfolgen, werden erhalten, wenn man aus einer

auf konstantem Potential gehaltenen Elektrizitätsquelle durch einen zwischengeschalteten großen Widerstand einen Kondensator lädt, dessen Belegungen mit je einem der beiden Indikatoren am Diaphragma der Braunschen Röhre verbunden sind. Man erhält dann ein variables Feld, dessen Veränderungen mit der Zeit aus folgenden Überlegungen[1]) mathematisch bestimmbar sind.

Fig. 1. L ist eine große Batterie, die ein konstant gehaltenes Potential V_c besitzt. C ist eine weit kleinere Leydener Flasche von der Kapazität C. Mit ihr steht eine Kapazität $C_2 C_1$ in Verbindung, die aber im Vergleich mit der Größe von C vernachlässigt werden darf. R bedeutet einen sehr großen induktionsfreien Widerstand, U einen Unterbrecher.

Fig. 1.



Schließen wir den Stromkreis, so wird in a ein Strom zu fließen beginnen, dessen Intensität zuerst groß, dann immer kleiner werden wird, bis er aufhört, wenn C nebst C_2 C_1 das Potential V_c auf L angenommen hat. Da wir einen großen Widerstand R, außerdem nur kurze, gerade Leitungsdrähte benutzen wollen, darf von Oscillationen und der damit in Zusammenhang stehenden Selbstinduktion abgesehen werden.

Bezeichnet man mit $V\tau$ das Potential auf V_c nach einer Schließungszeit von τ Sekunden, so beschreibt folgende Gleichung:

$$V_\tau = V_c \left(1 - c^{-\frac{\tau}{RC}}\right)$$

den Ladevorgang auf den Indikatoren C_2 C_1. Man kann aus

[1]) Die folgende Entwicklung lehnt sich an eine Betrachtung von Rohhau an. (Grätz, Revue Bd. II 731. 1892.)

ihr für jedes τ, wenn R, C und V_c bekannt sind, das auf C_2 C_1 herrschende Potential berechnen.

Diese theoretischen Überlegungen sind in folgender Versuchsanordnung praktisch verwertet.

III. Versuchsanordnung und Apparate.

Die Versuchsanordnung ist in Tafel II skizziert. Darin bedeutet B die Braunsche Röhre, U den mechanischen Unterbrecher mit rotierendem Spiegel S, R den großen Flüssigkeitswiderstand, C einen Kohlrauschschen Luftkondensator, L zwei große Leydener Flaschen (von je 0,005 Mif. Kapazität), K einen Metallkamm, E ein Braunsches Elektrometer. Die Leydener Flaschen L wurden von der einplattigen Influenzmaschine J gespeist, welche von einem Heißluftmotor getrieben wurde.

Zur Verwendung gelangten drei verschieden geformte Braunsche Röhren (I, II, III.) Sie besaßen als Kathode eine dicke Aluminiumscheibe, welche auf der Rückseite mit einer den ganzen Rohrquerschnitt ausfüllenden Glimmerscheibe bedeckt war zur Vermeidung der störenden Entladungen hinter der Kathode.

Bei Röhre I u. II war die Kathode nebst Zuleitung mit Siegellack in Schliffe eingekittet, um die Kathode durch Abschaben mit einem Radiermesser reinigen zu können. Die Röhren II u. III besaßen ein Metalldiaphragma, bei Röhre II[1]) vertrat dasselbe zugleich die Anode. Die Dimensionen der einzelnen Teile der drei Röhren sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1.

Dimensionen	Röhre		
	I	II	III
	cm	cm	cm
Von Kathode bis Anode	11,1	14,8	10,7
Von Kathode bis Diaphragma	32,0	14,8	27,3
Von Diaphragma bis Röhrenerweiterung .	6,0	11,8	5,0
Von Diaphragma bis Fluoreszenzschirm .	23,7	27,6	20,5
Durchmesser zwischen Kathode und Anode	2,1	3,0	4,1
Durchmesser hinter dem Diaphragma . .	2,1	3,0	2,9
Durchmesser des weiten Teiles der Röhre	10,0	6,2	7,9

[1]) Röhre II wurde mir in liebenswürdiger Weise von Herrn Dr. Wehnelt überlassen.

Röhre III (vergleiche Tafel II) war hinten (zwischen Kathode und Anode) zur Erzielung großer Ablenkungen weit gebaut, weil nach Untersuchungen von Herrn Dr. Wehnelt[1]) bei weiten Röhren das Entladungspotential ein niedriges ist und demnach die Kathodenstrahlen weniger steif sind. Der Hals von III (Sitz der Indikatoren) war enger. Nach Versuchen von den Herren E. Wiedemann[2]) und H. Ebert ist nämlich in engen Röhren selbst bei hohem Druck die Anregbarkeit des Gases gering.

Als Stromquelle zur Anregung der Röhren diente gewöhnlich eine einplattige Influenzmaschine, für einige Versuchsreihen auch eine 20plattige Töplersche Maschine. Bei allen Versuchen war die Anode geerdet.

Die Röhren saßen an einer (Spießschen) Hg-Pumpe und standen überdies zur Messung des Drucks mit einem Mac Leod in Verbindung. Die Entladungspotentiale wurden mit der Funkenstrecke F nach den von Heydweiller (Hilfsbuch für die Ausführung elektrischer Messungen) angegebenen Tabellen ($r =$ 1,0 cm) bestimmt. Die Schaltung ist leicht der Tafel II zu entnehmen.

Mittels Paraffinwippe W konnte den Leydenerflaschen $L\,L$ bald negative, bald positive Elektrizität aus J zugeführt werden. Das Potential auf L wurde mit dem Nadelkamm K reguliert. Er bestand aus einer isoliert aufgestellten Metallplatte, die mit der inneren Belegung von L verbunden war. Derselben konnte mittels Mikrometerschraube eine zweite mit Nadeln besetzte Platte beliebig nahe gebracht, und damit ein konstantes Potential auf L erzielt werden. Die Nadeln waren zur Erde geleitet. Gemessen wurde das Potential mit dem Braunschen Elektrometer E.

Von L führt die Leitung a (ausgezogen) zu einem in Paraffinöl rotierenden Unterbrecher U. Mit Hilfe dieses mechanischen Unterbrecher konnte man L durch den Flüssigkeitswiderstand R mit C (auf dem punktierten Weg b) und den beiden Indikatorplatten C_1 C_2 am Diaphragma der Braunschen Röhre B verbinden (auf dem ebenfalls punktiert gezeichneten Weg b').

[1]) A. Wehnelt, Wied. Ann. 62, 534. 1898.

[2]) E. Wiedemann u. H. Ebert, Wied. Ann. 62, 182. 1897.

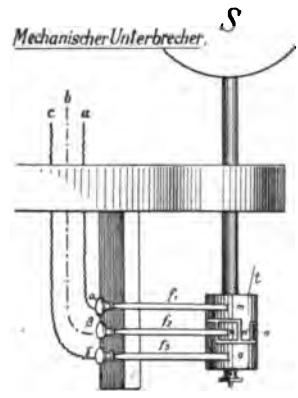
Nachdem von L Elektrizität während einer bestimmten Zeit (0,02 sec.) zur Indikatorplatte C_2 zugeführt war, entlud der Unterbrecher auf der Bahn c die Kapazität C und C_2, ohne daß jedoch L zugleich mitentladen wurde.

Die Konstruktion von U ist in Figur 2 skizziert.

Auf der Ebonittrommel t sitzen 2 Schleifringe m mit dem Ausläufer m' und o. n n sind völlig isolierte Kontaktstellen. Gegen m, m' und o drücken die drei Schleiffedern f_1, f_2 und f_3, welche in den Klemmschrauben α, β, γ endigen. Solange f_2 über m' federt, kann sich zwischen C_2 C_1 (auf dem Wege a, b, b') ein elektrisches Feld ausbilden. Dasselbe wird durch Erdung vernichtet, solange f_2 über 0,0 schleift.

Der Unterbrecher trägt an der Fortsetzung seiner Axe den Spiegel S. Dieser zog die vertikal und geradlinig erfolgende Ablenkung des Fluoreszenzflecks zu Kurven auseinander.

Fig. 2.



Da die Lage des Spiegels im Moment des Schließens immer dieselbe war, sah man in demselben eine stehende Kurve, die mit einer photographischen Kamera auch photographiert werden konnte. Betrieben wurde U mit einem Gleichstrommotor.

Die Widerstände R waren meistens Jodkadmiumwiderstände, in einigen Fällen wurden auch Wasserwiderstände verwendet. Sie wurden vor und nach der Benutzung mittels eines sehr empfindlichen Deprez-d'Arsonval-Galvanometers und geaichter Vergleichswiderstände gemessen.

Die Größe von R bewegt sich im Bereich von 10^4—10^8 Ohm.

Die Kapazität C wurde zu 85.10^{-6} Mif. berechnet.

Die Indikatorplatten C_2 C_1 (33,7 × 96,0 mm) saßen bei Röhre I und III dicht hinter dem Diaphragma von B, bei Röhre II 28 mm von demselben entfernt. Ihre lange Seite (96,0 mm) stand dabei immer senkrecht zur Rohraxe. Der Plattenabstand betrug für Röhre I: 32 mm, für Röhre II: 37,5 mm und für Röhre III: 40 mm.

Gemessen wurde die Ablenkung (a) des Kathodenstrahlbündels teils (bei Röhre II ausschließlich) aus der photographischen Aufnahme der Kurve im rotierenden Spiegel mittels Lineal und Zirkel, teils (meistens bei Röhre III) mit einem Ablesefernrohr unter Zuhilfenahme der Martenschen Skala in bekannter Anordnung.

Die „Anstiegzeit" τ' d. h. die Zeit, welche zwischen Beginn der Ladung und dem Moment der erreichten maximalen Ablenkung verstrich, wurde bestimmt aus der Länge x_1 der Kurve (vergl. Fig. 3, Nr. 1). Die Zeit der Rückkehr entspricht der Länge x_2.

Nach Kohlrausch[1]) ist nämlich die Zeit T zwischen zwei Ereignissen, die an demselben Ort auf einander folgen und im rotierenden Spiegel um l mm auseinander liegen, bestimmt durch:

$$T = \frac{1}{4\pi} \frac{V}{A} l,$$

wo V die Umdrehungsgeschwindigkeit des Spiegels (bei meiner Versuchsanordnung bestimmt durch die Tourenzahl des Elektromotors und den Wellendurchmesser von Motor und Spiegel) und A den Abstand des Objekts vom Spiegel bedeutet.

Unter Berücksichtigung der Verkleinerung auf der photographischen Platte spielen bei meiner Versuchsanordnung zwei Vorgänge, welche auf der Platte um 1 mm aus einander liegen, sich ab

für Röhre II (III) in 0,0001862 (0,0001244) Sek.

Es konnte mithin bei der benutzten Plattengröße (9 × 6 cm) das Verhalten des Fluoreszenzflecks zeitlich verfolgt werden im Maximum für eine Zeit von ca. 0,01 Sek.

V, die Umdrehungsgeschwindigkeit, war jedoch so gewählt, daß gewöhnlich der maximale Anstieg ungefähr in der Mitte der Platte lag, um auch die „Abklingung" noch beobachten zu können.

Die Widerstände bewegten sich innerhalb einer derartig gewählten Grenze, daß auch der größte verwendete Widerstand theoretisch eine nahezu vollständige Ladung von C_2 auf das konstante Potential V_c zuließ.

---

[1]) Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik (1901), 111, 5.

IV. Messungen.

A. Qualitative Versuche.

Wurde, nachdem die Röhre tief genug ausgepumpt war, die Influenzmaschine in Tätigkeit gesetzt, und erfolgte durch Ingangsetzung des mechanischen Unterbrechers die periodische Ladung und Entladung der Indikatorplatten C_2 C_1, so geriet der Fluoreszenzfleck auf dem Schirm in lebhafte Bewegung: er wanderte in einem leuchtenden vertikalen Strich auf und nieder, und zwar sowohl nach oben wie nach unten über seine Ruhelage hinaus. Dabei erstreckte sich aber der leuchtende Streifen nicht gleich weit nach beiden Seiten über seinen Ruhepunkt hinaus, welcher auch bei der Wanderung des Flecks längs der Geraden durch besondere Helligkeit markiert war. Die größere Ablenkung erfolgte — bei Röhre I und II immer, bei Röhre III meistens — nach der Seite hin, nach der die Kathodenstrahlen durch ein elektronegatives Potential abgelenkt werden.

Zum Studium des zeitlichen Verlaufs der Ablenkung sowie der Rückkehr des Fleckes (Abklingung) wurde der Spiegel S so auf den rotierenden Unterbrecher U gesteckt, daß im Moment der Ladung von C_2 der reflektierte, blaue Fluoreszenzfleck im Gesichtskreis des Beobachters erschien. Man nahm eine deutlich sichtbare stehende Kurve wahr, deren Gestalt für die wichtigsten Versuchsbedingungen auf Grund photographischer Aufnahmen in beiliegender Figur 3 gezeichnet sind.

Die Form der Kurve war bei allen drei Röhren im wesentlichen die gleiche, wenn auch die Dimensionen für die einzelnen Röhren von einander abwichen. Sie hing hauptsächlich ab von der Art der angelegten Elektrizität (+ oder — Elektrizität).

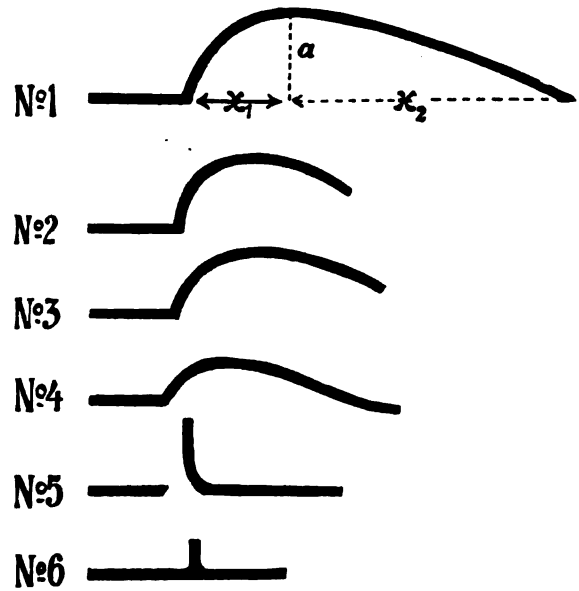
An Kurve Nr. 1 in Figur 4 sind die Größen a, x_1, x_2 skizziert, welche uns im quantitativen Teil der Messungen noch des Näheren entgegentreten werden. Nr. 2 und Nr. 3 repräsentieren den Typus der im Spiegel S gesehenen Kurven, wenn ein negatives Potential durch den großen Widerstand $R = 2 \cdot 10$ Ω angelegt wurde. (Dasselbe betrug 4000 Volt), und zwar war in Nr. 2 der Druck in der Röhre größer als bei Nr. 3, wo die maximale Ablenkung länger erhalten bleibt, und die „Abklingung“ sanfter ist. Im letzteren Fall war Röhre II sehr weit ausgepumpt. Nr. 4 zeigt den Anstieg und die Rück-

kehr bei positiven Potentialen. Auch hier betrug $R = 2 \cdot 10^7$ Ω und das Potential $V_c = 4000$ Volt.

Für positive Felder ist demnach die Ablenkung kleiner, die „Abklingung" steiler, die Rückkehr des Fluoreszenzfleckes erfolgt rascher als bei negativen Feldern.

Wurde $R = O$ gemacht, d. h. wurde plötzlich ein positives oder negatives Potential von 4000 Volt angelegt, so hatten die Kurven das Aussehen von Nr. 5 und Nr. 6 der Fig. 3.

Fig. 3.



Nr. 5 entspricht der negativen Ladung von C_2.

Nr. 6 entspricht der positiven Ladung von C_2.

Der Unterschied zwischen beiden Kurvenformen ist ein auffälliger: bei negativen Potentialen große Ablenkung der Kathodenstrahlen, welche so schnell erfolgte, daß sie nicht auf der Platte fixierbar war, bei raschem Zusammenbruch des Feldes, während bei positiven Feldern eine weit kleinere Ablenkung bei plötzlichem Zusammenbruch uns entgegentritt.

Wurde endlich das Verhalten des Fluoreszenzfleckes ver-

folgt in dem Moment, wo das jeweilig angelegte Feld durch Erdung vernichtet wurde, so zeigten die Kurven im rotierenden Spiegel ungefähr die gleiche Gestalt, die bei Anlegung eines Feldes entgegengesetzten Vorzeichens erhalten wurde.

B. Quantitative Versuche.

Die Messungen wurden ausschließlich mit den Röhren II und III durchgeführt. Bei Röhre I, wo die Erscheinungen sehr charakteristisch sich zeigten, trat leider, sobald sie längere Zeit in Gebrauch stand, eine störende Unruhe in den Entladungen ein. Es war dabei sehr schwierig, bei der notwendigen langen Expositionszeit (von ca. 12 Minuten) den Druck und damit das Entladungspotential konstant zu halten. Doch gelang es nach einiger Erfahrung, denselben durch Evakuierung während der Versuche selbst auf ca. 0,002 mm Hg konstant zu bekommen.

Die Untersuchungen selbst erstrecken sich auf folgende Gegenstände:

1. Abhängigkeit der Ablenkung der Kathodenstrahlen vom Potential.
   a) Unterschiede der Ablenkung beim Anlegen von + oder — Potentialen.
   b) Einfluß der Stromstärke in der Braunschen Röhre auf die Größe der Ablenkung.
   c) Einfluß des Entladungspotentials der Braunschen Röhre auf die Ablenkung.
2. Abhängigkeit der Ablenkung von dem zeitlichen Verlauf des angelegten Potentials.
   a) Abhängigkeit des Ausschlages von der Geschwindigkeit des Potentialanstieges.
   b) Messung der Anstieg- und Abfallzeiten.
3. Beeinflussung des Entladungspotentials in der Braunschen Röhre durch außen angelegte Potentiale.
4. Versuche über die Bedeutung des dunklen Kathodenraums bei dem Ablenkungsprozeß der Kathodenstrahlen.
5. Ablenkungsversuche, wenn die Indikatoren im

Innenraum der Braunschen Röhre angebracht sind, sowie einige Angaben über die Stärke des durch die Gasionisation hervorgerufenen Querstroms.

Im folgenden bezeichnet stets:

R den Widerstand,
p den Druck in der Entladungsröhre,
E das Entladungspotential der Braunschen Röhre,
J, i die Stromstärke (i für die einplattige, J für die 20plattige Influenzmaschine),
V_c das an C_2 angelegte Potential,
$\mp a$ die Ablenkung des Fluoreszenzflecks in mm für negative bezw. positive Potentiale,
f die Funken-Schlagweite in mm,
m. Ph. mittels Photographie ermittelt,
m. H. mit Ablesefernrohr ermittelt.

1. Abhängigkeit der Ablenkung vom Potential.

a) Unterschiede beim Anlegen von + oder — Potentialen.

Tabelle 2.

Röhre II.

Es war: $R = 2 \cdot 10^7\ \Omega$; $p = 0{,}025$ mm Hg; $E = 10080$ V.
$i = 0{,}24 \cdot 10^{-4}$ Amp. m. Ph.

Negative Elektrizität			Positive Elektrizität			
1	2	3	4	5	6	7
$-V_c$ Volt	$-a$ mm	$\frac{a}{V_c}$	$+V_c$ Volt	$+a$ mm	$\frac{a}{V_c}$	$-a/+a$
2600	13,7	0,0052	2600	2,8	0,0011	4,6
3500	14,8	0,0042	3500	4,7	0,0013	3,2
3800	18,0	0,0047	4000	6,7	0,0017	3,2
4000	21,8	0,0054	5000	8,2	0,0016	2,8
5000	22,7	0,0044	6400	10,6	0,0017	—
	im Mittel:	0,0048		im Mittel:	0,0015	3,5

Tabelle 3.

Röhre III.

$R = 4,3 \cdot 10^6\ \Omega$; $p = 0,033$ mm Hg; $E = 11400$
$i = 0,43 \cdot 10^{-4}$ Amp. m. H.

Negative Elektrizität			Positive Elektrizität			
1	2	3	4	5	6	7
$-V_c$ Volt	$-a$ mm	$\frac{a}{V_c}$	$+V_c$ Volt	$+a$ mm	$\frac{a}{V_c}$	$-a/+a$
2500	5,8	0,0023	2500	4,8	0,0019	1,2
4000	12,0	0,0030	4000	6,5	0,0016	1,8
5000	16,8	0,0033	5000	7,6	0,0015	2,2
5500	18,4	0,0033	5500	8,5	0,0015	2,2
	im Mittel:	0,0030		im Mittel:	0,0016	1,8

Tabelle 2 enthält die Ablenkungen, welche unter Variation von Potentialen, sowohl ihrer Höhe als ihrem Vorzeichen nach, mit Röhre II erhalten wurden; für Röhre III sind dieselben in Tabelle 3 enthalten.

Die drei ersten Spalten beziehen sich in beiden Tabellen auf negative Potentiale, die Spalten 4—6 auf positive.

Spalte 7 gibt an, um wievielmal die Ablenkung a größer ist für ein negatives Potential als für ein positives Potential gleicher Höhe. Dieser Quotient ist der Kürze halber mit $\frac{-a}{+a}$ bezeichnet.

Für Röhre II wurde in dem angewandten Potentialbereich das Kathodenstrahlenbündel von einem elektronegativen Feld im Mittel fast viermal weiter abgelenkt als von einem gleich starken positiven.

Für Röhre III war die Ablenkung (vergl. Tab. 3, Spalte 7) durch ein negatives Feld nicht ganz doppelt so groß wie für ein gleich starkes positives.

Bei Röhre II (auch bei I) war, wie ich aus mehrfachen Versuchen fand, $-a$ immer größer als $+a$.

Dieser unipolare Unterschied in der Ablenkung der Kathodenstrahlen dürfte aus deren speziellen Eigenschaften zu erklären sein.

Wie bereits eingangs (Seite 47) erwähnt, führen die Kathodenstrahlen freie negative Elektrizität mit sich. Diese freie

Elektrizität wird gebunden, indem sie zu der im Innern der Rohrwand bei Anlegung positiver Felder influenzierten positiven Elektrizität hinströmt und hier einen Teil derselben vernichtet, womit eine Herabsetzung des positiven Potentials, also auch eine geringere Ablenkung der Kathodenstrahlen verbunden ist. Einem weiteren Grunde für die geringere Ablenkung der Kathodenstrahlen durch positive Felder werden wir später begegnen. (Seite 73.)

Für Röhre III wurde dieses unipolare Verhalten nur innerhalb gewisser Grenzen des Entladungspotentials gefunden, wie später gezeigt wird. In den Tabellen 2 und 3 ist des weiteren in den Spalten 3 und 6 das Verhältnis $\frac{a}{V_c}$ angegeben. Die angenäherte Konstanz dieses Wertes bestätigt die Richtigkeit des von Herrn Milham angegebenen Gesetzes, daß die Ablenkung proportional dem angelegten Potential ist ($a = c \cdot V_c$).

Einzelne recht beträchtliche Abweichungen erklären sich durch die Unsicherheit, mit der die Messung der Größe des Ausschlages behaftet ist.

b) Einfluss der Stromstärke auf die Ablenkung.

Angeregt wurde die Braunsche Röhre einmal mit einer kleinen, dann mit einer 20plattigen Influenzmaschine. Die Stromstärken waren:

$i = 0{,}24 \cdot 10^{-4}$ Amp. $J = 0{,}84 \cdot 10^{-4}$ Am.

$E = 19020$ Volt; $R = 2 \cdot 10^7$ Ω.

Tabelle 4.

Röhre II m. Ph.

Negative Potentiale					Positive Potentiale			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
V_c Volt	−a		$\frac{-a}{V_c}$ für J	Unterschied %	+a		$\frac{+a}{V_c}$ für J	Unterschied %
	i	J			i	J		
3500	14,8	10,9	0,0031	36	4.7	3,7	0,0011	27
4000	21,8	13,1	0,0033	66	6,7	4,8	0,0012	40
5000	22,7	14,0	0,0028	62	8,2	5,5	0,0011	50
	im Mittel:		0,0031	55	im Mittel:		0,0011	39

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über den Unterschied zwischen der Ablenkung, wenn einmal schwache Entladungsströme (i),

das andere Mal stärkere Ströme (J) die Braunsche Röhre durchströmen.

Nach Spalte 5 und 6 beträgt der prozentuale Unterschied der „starken" und „schwachen" Kathodenstrahlen im Mittel 55 % für negative, 39 % für positive Potentiale.

Wir kommen somit zu dem Ergebnis, daß die Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen stark beeinflußt wird von der Stromstärke, die im Entladungsrohr herrscht; dabei nimmt die Ablenkbarkeit ab mit Zunahme der Stromstärke.

Für Röhre III wurden ähnliche Verhältnisse beobachtet.

c) Einfluss des Entladungspotentials der Braunschen Röhre auf die Ablenkung.

Schon bei rein qualitativen Versuchen nimmt man wahr, daß bei der Ablenkung der Kathodenstrahlen das Vakuum und das damit zusammenhängende Entladungspotential eine einflußreiche Rolle spielt. Insbesondere schienen für die Größe der Ablenkung schon kleine Schwankungen im Entladungspotential größere Unterschiede hervorzurufen als verhältnismäßig große Unterschiede bei den angelegten Feldern. Im folgenden sind diese Verhältnisse eingehender untersucht, und zwar gewöhnlich für beide Elektrizitätsarten. Die Messungen beziehen sich auch hier auf die Röhren II und III.

Tabelle 5.

Röhre II.

$R = 2 \cdot 10^7\ \Omega$; $V_c = -3000$ Volt, $V_c = +3000$ Volt.

$i = 0{,}24 \cdot 10^{-4}$ Amp. m. Ph.

Negatives Potential Vc = — 3000 Volt				Positives Potential Vc = + 4000 Volt			
1	2	3	4	5	6	7	8
p mm Hg	E Volt	—a mm	a. E. 10^8	p mm Hg	E Volt	+a mm	a. E. 10^8
0,013	20000	12,6	252	0,011	21050	7,8	164
0,020	17000	14,3	243	0,022	13200	8,6	113
0,022	13000	19,2	249	0,025	9700	9,4	91
.	.	.	.	0,033	5200	9,4	48

Nach den von den Herren W. Kaufmann und Aschkinas[1]) entwickelten Gleichungen muß das Produkt aus Ablenkung a und dem Entladungspotential E eine Konstante ergeben, die außerdem noch abhängig ist von geometrischen Verhältnissen der Versuchsanordnung[2])

$$\left[A \cdot Vo = \frac{H}{2}\left(\frac{a^2}{2} + a\,l\right) = K\right]$$

Wie aus Spalte 4 in der Tabelle 5 ersichtlich ist, ist dies tatsächlich bei Benützung elektronegativer Potentiale nahezu der Fall: Die Ablenkung a nimmt proportional ab mit der Zunahme des Entladungspotentials.

Für elektropositive Potentiale kommt das Gesetz nicht mehr zur Geltung. Hier blieb die Ablenkung a nahezu konstant bei schwacher Tendenz, ebenfalls mit Zunahme des Entladungspotentials zu fallen.

Weit größer sind die Abweichungen vom obigen Gesetz bei Röhre III. Dies gab zu eingehenden Messungen Veranlassung, die in Tabelle 6—8 enthalten sind, wobei, abgesehen von dem hier besonders wichtigen Unterschied der beiden Elektrizitätsarten, auch die Größe der vorgeschalteten Widerstände R variiert wurde.

Tabelle 6.

Röhre III.

$R = 2 \cdot 10^7\ \Omega$ $V_c = \mp 4000$ Volt. $i = 0{,}43 \cdot 10^{-4}$ Amp. m. H.

Negatives Feld: — 4000 Volt				Positives Feld: + 4000 Volt			
1	2	3	4	5	6	7	8
Funkenstrecke f mm	E	—a mm	a.E. 10^8	f mm	E	+a mm	a.E. 10^8
1,8	7880	20,9	154	1,8	7380	7,7	57
2,3	9090	14,3	130	2,0	8100	8,8	71
2,9	11070	11,0	121	3,2	12000	8,8	106
3,0	11400	10,8	123	4,1	14700	9,9	145
3,6	13200	7,7	102	5,0	17400	12,1	180
4,0	14400	5,0	72	5,1	17670	13,2	233
4,1	14700	4,4	65	5,9	19830	14,3	283
4,9	17100	2,2	38	6,3	20910	11,0	229
6,0	20100	sehr klein	.	7,0	22800	11,0	251
7,0	22800		.	.	.	.	.

[1]) Wied. Ann. 62, 590. 1897.

[2]) A bedeutet hier die Größe der Ablenkung, Vo das Entladungspotential und H die Feldstärke.

Tabelle 7.

Röhre III.

$R = 4{,}3 \cdot 10^6\ \Omega$; $V_c = \pm 4000$ Volt. $i = 0{,}43 \cdot 10^{-4}$ Amp. m. H.

Negatives Feld — 4000 Volt				Positives Feld + 4000 Volt			
1	2	3	4	5	6	7	8
f mm	E Volt	a mm	a. E. 10^3	f mm	E Volt	a mm	a. E. 10^3
1,5	6300	24,8[1])	156	—	—	—	—
2,0	8100	17,9	145	2,0	8100	6,5	53
2,4	9420	15,1	142	2,3	9090	7,6	69
2,9	11070	13,0	144	3,6	13200	8,6	113
3,1	11700	11,9	140	4,9	17100	9,7	166
4,0	14400	8,1	117	5,6	19020	12,0	228
4,3	15300	6,7	103	6,8	22260	14,1	313
5,2	17940	5,7	103	.	.	.	.
6,0	20100	5,2	105	.	.	.	.
7,2	23280	4,5	105	.	.	.	.
7,5	24000	2,8	67	.	.	.	.

Tabelle 8.

Röhre III.

$R = 5 \cdot 10^5\ \Omega$; $V_c = 4000$ Volt. $i = 0{,}43 \cdot 10^{-4}$ Amp. m. H.

f mm	E Volt	—a mm	a. V. 10^3
1	2	3	4
2,2	8760	22,4	196
2,6	10080	20,9	210
4,0	14400	18,7	269
5,0	17400	16,5	287
5,6	19020	15,4	292
6,0	20100	13,2	265

Tabelle 6 und 7 bezieht sich auf Potentiale beider Elektrizitätsarten, Tabelle 8 nur auf solche negativer Elektrizität. Die Kurven der Tafel III geben ein angenähertes Bild der hier einschlägigen Verhältnisse.

Für die elektronegativen Felder zeigen alle drei Kurven den gleichen Verlauf, bei welchem das oben erwähnte Gesetz

[1]) Der Wert von a, also auch von $a.E$ ist unsicher, weil bei diesem geringen Entladungspotential die Helligkeit des Fleckes sehr gering und das oberste Ende des fluoreszierenden Striches sehr verschwommen war.

— in seiner Tendenz wenigstens — zur Geltung kommt. Dabei ist die Abweichung bei dem größten verwendeten Widerstand $R = 2 \cdot 10^7$ Ω, wie aus Spalte 4 Tabelle 6 ersichtlich ist, eine sehr beträchtliche. Für die kleineren Widerstände $R = 4{,}3 \cdot 10^6$ Ω und $= 5 \cdot 10^5$ Ω ist die Größe a. E. 10^3 (vergl. Spalte 4 der entsprechenden Tabellen) besonders, wenn die Kathodenstrahlen steifer geworden sind, ziemlich konstant.

Auch bei Röhre III haben große Schwankungen im Entladungspotential große Unterschiede in der Ablenkung des Fluoreszenzflecks zur Folge. Nach Tabelle 7 z. B. entspricht dem Steigen von E um das 3fache ein Sinken von a um das mehr als 5fache. Nach Tabelle 8 fällt a, wenn E um das 2,3fache steigt, um das 1,7fache. Man sieht, schon bei elektronegativen Feldern, wo immerhin eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Beziehung zwischen Druck und Entladungspotential einerseits und der Größe der Ablenkung der Kathodenstrahlen andererseits besteht, erzeugen geringe Schwankungen im Erregungspotential verhältnismäßig große Unterschiede in der Ablenkung, sodaß für Potentialmessungen mit der Braunschen Röhre zu großen Fehlerquellen Anlaß gegeben ist.

Weit eigentümlicher werden die Erscheinungen bei Röhre III für positive Potentiale. Hier nimmt entgegen den Gesetzen der Emissionstheorie, wie die punktierten Kurven der Tafel III veranschaulichen, die Ablenkung a mit der Zunahme von E zu. Doch sind die Unterschiede der Ablenkungen im möglichen Bereiche der Entladungspotentiale nicht derartig beträchtlich, wie sie für die negativen Potentiale waren. So steigt nach Tabelle 6 a um das 1,5fache mit dem um das 3fache steigenden Entladungspotential; nach Tabelle 7 (für $R = 4{,}3 \cdot 10^6$ Ω) wächst a um das 2fache, wenn E um das 2,4fache gewachsen ist.

Eine vollständig befriedigende Erklärung des bei Anlegung positiver Felder zu Tage getretenen eigentümlichen Verhaltens der Kathodenstrahlen zu geben ist mir nicht möglich. Doch dürfte vor allem in Betracht kommen, daß der nämliche Faktor (Druck im Rohr), welcher die hohen Entladungspotentiale und die daraus resultierende größere Steifigkeit der Kathodenstrahlen bedingt, andererseits einen geringeren Querstrom zur Folge hat. Effektiv kommt diese Abnahme des Querstroms für die Ab-

lenkung einem stärkeren Feld gleich. Für gewisse Röhren ist daher die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß die Ablenkung wächst trotz der größeren Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, nämlich wenn der Einfluß des tieferen Vakuums in seiner felderhaltenden Eigenschaft überwiegt.

Bei der Röhre III scheint ein ähnlicher Fall vorzuliegen, wie ja auch schon bei Röhre II (cf. Tab. 5, Spalte 5 u. 6) die Ablenkung a für elektropositive Felder für ein wachsendes E nicht in dem Maß abnimmt wie das gleich große elektronegative, sondern trotz Zunahme von E nahezu konstant bleibt.

2. Abhängigkeit der Ablenkung von dem zeitlichen Verlauf des angelegten Potentials.

a) Abhängigkeit der maximalen Ablenkung von der Geschwindigkeit des Potentialsteges.

Die 4 verwendeten Widerstände waren: $R = 2 \cdot 10^7\ \Omega$; $R = 3{,}4 \cdot 10^6 \Omega$; $R = 5 \cdot 10^5\ \Omega$; $R = O\ \Omega \cdot E =$ (für die drei ersten Widerstände) 11400; für $R = O$ war E[1]) $= 22800$.

Tabelle 9.

Elektronegat. Potential	$R = 2.10^7 \Omega$		$R = 3{,}4.10^6 \Omega$		$R = 5.15^5 \Omega$		$R = 0\ \Omega$	
$-Vc$	a mm	a/Vc	a mm	a/Vc	a mm	a/Vc	a mm	a/Vc
2500	2,4	0,0010	5,7	0,0023	10,1	0,0040	16,2	0,0065
3000	3,5	0,0012	7,1	0,0024	13,1	0,0043	17,3	0,0058
3500	6,0	0,0014	10,6	0,0030	16,0	0,0046	20,5	0,0064
4000	7,2	0,0018	12,0	0,0030	20,3	0,0050	21,6	0,0043
5000	12,2	0,0024	16,7	0,0033	26,2	0,0052	40	0,0080
5500	13,1	0,0024	18,1	0,0033	30,0	0,0054	44	.
im Mittel:		0,0017	im Mittel:	0,0029	im Mittel:	0,0047	im Mittel:	0,0062

Röhre III m. H. Vc war negativ.

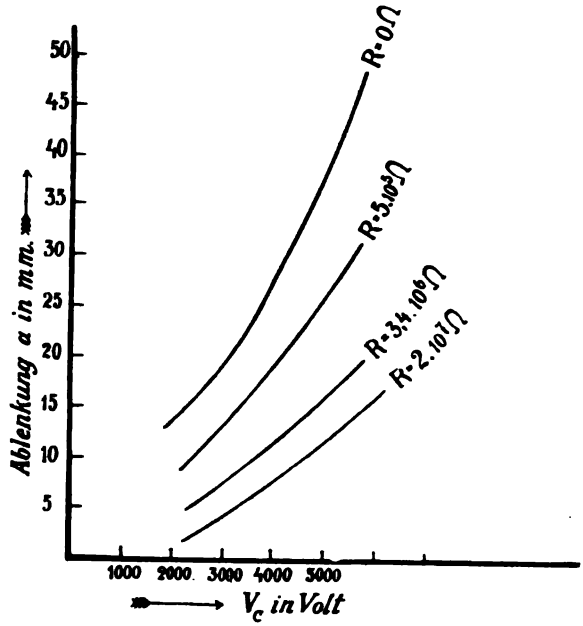
Die vier Kurven der Figur 4 sind nach obigen Werten gezeichnet.

Sie zeigen nahezu geradlinigen Verlauf, d. h. die Ablenkungen sind angenähert proportional den angelegten Potentialen. Die Kurve für $R = 5 \cdot 10^5\ \Omega$ zeigt sogar einen recht gut geradlinigen Verlauf.

[1]) Um auch hier für höhere Potentiale meßbare Ablenkungen zu erhalten.

Trotz der gleichen angelegten Potentiale sind die Ablenkungen bei den verschieden vorgeschalteten Widerständen recht verschieden, und zwar sind die erreichten Ausschläge je größer, je kleiner R war. Da der große Widerstand für unsere

Fig. 4.



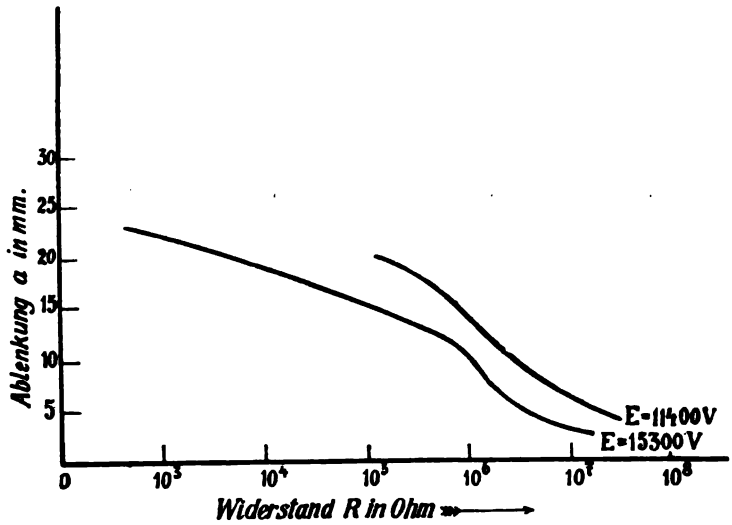
Versuche nichts anderes als „langsame Elektrizitätszufuhr" bedeutet, kommt man zu dem Resultat, daß: je langsamer der Feldwechsel vor sich geht, um so weniger das Kathodenstrahlbündel aus seiner geradlinigen Bahn abgelenkt wird.

Tabelle 10.

	Volt	
	E = 11400	E = 15800
R Ohnm	a	a
0	?	ca. 25
4.10^4	?	16,3
5.10^5	18	12,6
9.10^5	15,5	11,1
$3{,}4.10^6$	10,3	5,9
$6{,}9.10^6$	8,9	4,4
2.10^7	7,4	3,8

Dieses Verhalten der Kathodenstrahlen wird auch durch Tabelle 10 innerhalb des Widerstandsbereiches $0 - 10^7\ \Omega$ bestätigt. Die Kurven der Figur 5 veranschaulichen dasselbe unter Zugrundlegung obiger Tabelle.

Fig. 5.



Charakteristisch sind an ihnen die Knicke, die für den Widerstand von $10^6\ \Omega$ auftreten. Dieselben deuten darauf hin, daß von hier ab der Potentialzuwachs so gering wird, während der mit der Leitfähigkeit des Gases zusammenhängende Querstrom so intensiv zu werden beginnt, daß die elektrischen Felder (bei Benutzung von Widerstände im Bereich von $10^8\ \Omega$ wurde überhaupt keine Ablenkung mehr gefunden), zu ihrer maximalen Stärke sich nicht mehr ausbilden können.

b) Messung der Anstieg- und Abfallzeiten.

Um den zeitlichen Verlauf des Anstiegs sowie der Rückkehr eingehender verfolgen zu können, wurden im Nachstehenden die Kurven photographiert. Ich war so in der Lage, die Anstiegs- und Abfallzeiten zu messen.

Tabelle 11.

Röhre III.

$p = 0{,}042$; $E = 7740$ Volt; $V_c = -4000$ Volt; $i = 0{,}24 \cdot 10^{-4}$ Amp.

Widerstand R	x_1 mm	Anstiegzeit τ'	Ablenkung a mm	theoret. berechn. Potentiale V_τ	Unterschied V_τ von V_c in %	Abklingungsschnelligkeit
1	2	3	4	5	6	7
0 Ω			25	4000	0	0,001 sec. (unsicher)
$3{,}5.10^5$	2,2	0,00027	19,7	4000	0	0,003
$3{,}4.10^6$	3,6	0,00045	13,0	3200	25	0,004
2.10^7	17,0	0,0020	8,2	2664	35	0,015

[Die Stelle der größten Ablenkung fällt für den Widerständen $R = O$ nicht mehr auf den Fluoreszenzschirm, wie überhaupt für kleinere Widerstände als 10000 Ohm die Ablenkung des Fluoreszenzflecks entsprechend dem raschen Potentialanstieg so rasch erfolgte, daß keine Wirkung auf der photographischen Platte hervorgerufen wurde. Infolgedessen war auch die Bestimmung der Ablenkung a, ebenso von x_1 und x_2 für $R = o$ eine sehr unsichere. Die auf Spalte 7 (Tab. 11) angegebenen Abklingungsschnelligkeiten sind ebenfalls nur der Größenordnung nach bestimmbar gewesen.]

Aus Tab. 11, Sp. 5, welche die aus τ' berechneten Werte von V_τ enthält, geht hervor, daß eigentlich nur für ganz momentane Ladungen die Ablenkung dem Potential folgt. Für langsamere Elektrizitätszufuhr wird der dem angelegten Potential entsprechende Ausschlag nicht erreicht, der Fluoreszenzfleck kehrt schon vorher in seine Ruhelage zurück, trotzdem eine Ladung von C_2 noch weiter erfolgt. Es müßte sonst $\frac{a}{V_c}$ eine Konstante sein. Dies ist nicht der Fall, denn $\frac{a}{V_c}$ beträgt für die 4 in Tab. 11 angegebenen Widerstände: $>$ 0,0016; 0,005; 0,008; 0,003.

Es geht daraus hervor, daß die den Zeiten τ entsprechenden Potentiale V_τ um so weniger erreicht werden, je größer die Widerstände sind, d. h. je langsamer die Ladung auf den Indikatorplatten ansteigt.

Spalte 7 enthält die Rückkehrzeiten des Fluoreszenzflecks. Für $R = 2 \cdot 10^7$ Ohm ist derselbe bei Röhre III nach 0,015 Sek. in seine Ruhelage zurückgekehrt. Für $R = o$ ist dies bereits nach 1 Tausendstel Sekunde der Fall. Es ergibt sich daraus, daß für Röhre III das Feld in wenigen tausendstel Sekunden im Rohr verschwindet, und zwar um so schneller, je schneller der Potentialanstieg vor sich ging.

Für Röhre III wurde aus je 5 Versuchen ($R = 2 \cdot 10^7$ Ohm; $V_c = \mp 4000$ Volt)

die Anstiegzeit im Mittel gefunden zu:

0,0030 Sek. für neg. Felder
0,0025 „ „ pos. „ ,

die Zeit der Rückkehr zu:

ca. 0,036 Sek. für neg. Felder
zu „ 0,011 „ „ pos. „ .

Das Feld ist demnach für positive Felder in ca. dreimal kürzerer Zeit zusammen gebrochen als für negative Potentiale. Dies mag mit der von den Kathodenstrahlen mitgeführten freien Elektrizität zusammenhängen, worauf ich später (S. 78) noch einmal zurückkommen werde.

Eine hier einschlägige Untersuchung, ob die „Anstiegzeit" bei der Ablenkung der Kathodenstrahlen in gesetzmäßiger Weise mit der Höhe der angelegten Felder zusammenhängt, verlief resultatlos.

3. Beeinflussung des Entladungspotentials im Braunschen Rohr durch außen angelegte Felder.

Das Entladungspotential E ändert bei Anlegung elektrischer Felder zwischen den Indikatorplatten seinen Wert.

Diese Erscheinung äußerte sich dadurch, daß zuweilen in dem Moment, wenn der Unterbrecher zur periodischen Erzeugung von elektrischen Feldern in Gang gesetzt wurde, plötzlich ein Funkenspiel zwischen den Kugeln der Funkenstrecke F begann, woraus auf eine Erhöhung des Entladungspotentials der Röhre geschlossen werden mußte.

Die quantitativen Werte dieser Potentialerhöhung von E sind in der Tab. 12 für positive Felder, in Tab. 13 für nega-

tive zusammengestellt. Angelegt wurden jedesmal 4000 Volt. Als Entladungsröhre wurde Röhre III verwendet.

Tabelle 12.

+ 4000 Volt.

f mm	E Volt	f'	E' Volt	E'—E Volt
1	2	3	4	5
2,5	9750	2,9	11070	1320
3,0	11400	3,2	12000	600
4,0	14400	4,9	17100	2700
5,0	17400	5,6	19020	1620
6,0	20100	7,0	22800	2700
7,0	22800	7,5	24000	1200
			im Mittel:	1700

Tabelle 13.

— 4000 Volt.

f mm	E Volt	f'	E' Volt	E'—E Volt
1	2	3	4	5
2,2	8760	2,8	10740	1980
3,0	11400	3,5	12900	1500
3,1	11700	3,4	12600	900
3,6	13200	3,8	13800	600
4,2	15000	5,0	17400	2400
5,2	17940	5,9	19830	1890
6,0	20100	6,4	21180	1080
7,0	22800	7,5	24000	1200
			im Mittel:	1440

Die Spalten 2 enthalten die verschieden hohen Entladungspotentiale E, wenn der mechanische Unterbrecher U nicht in Funktion war. Spalte 4 enthält die Entladungspotentiale E', wenn elektrische Felder periodisch zwischen C_2 C_1 erzeugt und vernichtet wurden.

Der Entladungspotentialzuwachs $E' - E$ ist in Spalte 5 enthalten und beträgt im Mittel für + Potentiale 1700 Volt, für — Potentiale 1440 Volt. Dabei trat eine Erhöhung des Entladungspotentials für positive Felder bei deren Anlegung, für negative Felder bei deren Erdung ein.

Diese verschiedenartige Beeinflussung des Entladungspotentials E im Braunschen Rohr durch die beiden Elektrizitätsarten ist insofern für vorliegende Untersuchungen von Bedeutung, als sie

uns den zweiten, bereits S. 62 angedeuteten Grund für die größere Ablenkung der Kathodenstrahlen durch negative als durch gleich hohe positive Potentiale liefert, indem eine eben konstatierte Erhöhung des Entladepotentials bei Anlegung positiver Felder eine Beschleunignng der Kathodenstrahlen und damit eine geringere Ablenkbarkeit derselben zufolge hat. Zieht man überdies, gestützt auf das überall hervorgetretene duale Verhalten der Kathodenstrahlen beiden Arten der elektrischer Felder gegenüber, die Folgerung, daß, wenn beim Anlegen positiver Felder eine Erhöhung des Entladepotentials im Rohr eintritt, dann bei Anlegung negativer Potentiale eine Erniedrigung desselben eintreten wird, so dürfte auch quantitativ der Unterschied in der Ablenkung der Kathodenstrahlen durch die beiden Elektrizitätsarten eine befriedigende Erklärung finden.

4. Versuche über die Bedeutung des dunklen Kathodenraums bei dem Ablenkungsvorgang.

Die Ergebnisse der vorliegenden Messungen gehorchen unter Berücksichtigung der besonderen, im Wesen der Kathodenstrahlen liegenden Verhältnisse den aus der Emissionstheorie abgeleiteten Gesetzen, haben also im wesentlichen die Ansicht Milhams bestätigt, daß die Ablenkung der Kathodenstrahlen rein elektrostatisch erklärt werden muß.

Doch ist die Frage noch zu entscheiden, ob nicht — wenn auch erst in zweiter Linie — dunkle Kathodenräume, welche von den Herren H. Ebert, K. E. F. Schmidt und E. Wiedemann[1]) als Hauptursache für die Ablenkung der Kathodenstrahlen angesehen wurden, beim Ablenkungsvorgang mit in Betracht zu ziehen sind, insofern als innerhalb des dunklen Kathodenraumes der Potentialgradient nicht konstant ist.

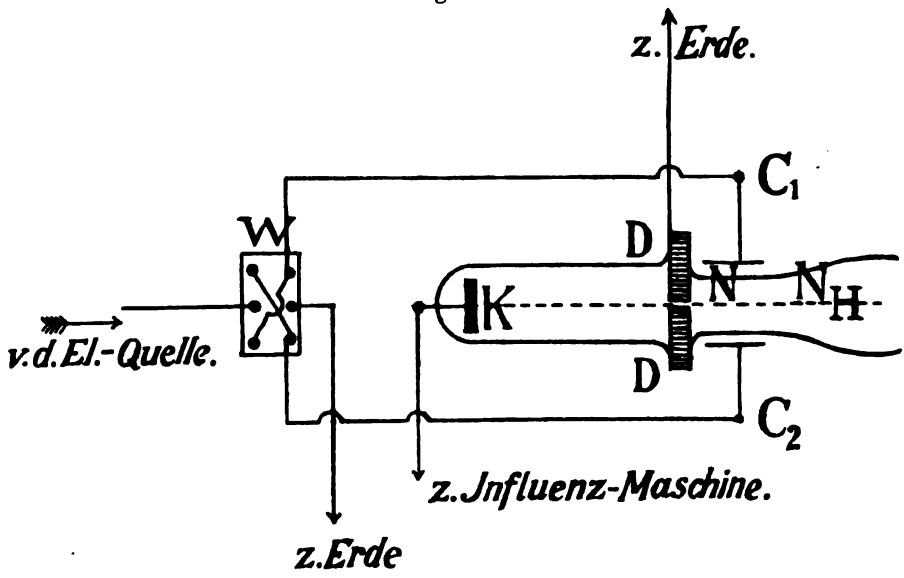
Einige Erscheinungen sprechen für letztere Annahme, insbesondere die z. T. sehr beträchtliche Abweichung von dem Proportionalitätsgesetz Milhams (a = c. V.), die ungleich stärkere Ablenkung der Kathodenstrahlen durch negative Felder sowie vielleicht auch der langsamere Zusammenbruch der negativen Felder. Zur Entscheidung dieser Frage wurden folgende Versuche angestellt.

---

[1]) E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 67, 814. 1899.

Wir wollen annehmen, es bestände bei Anlegen eines Feldes mittels zweier Indikatoren an ein Braunsches Rohr ein dunkler Kathodenraum an der der negativen Platte benachbarten Rohrwand, so würde der Potentialgradient quer zur Rohraxe den von Herrn A. Schuster[1]) und neuerdings von Herrn A. Wehnelt[2]) festgestellten Verlauf haben, d. h. der Potentialgradient müßte zur Kathode hin stark steigen. Ein unter sonst gleichen Bedingungen einmal nahe der Rohrwand, an welcher der dunkle Kathodenraum entstehen soll (Kathodenseite), entlang

Figur 6.



gesandter Kathodenstrahl müßte demnach eine weit stärkere Ablenkung erfahren, als wenn er möglichst weit entfernt von dieser Rohrwand verliefe.

Um dies zu prüfen, wurde das Entladungsrohr II so abgeändert (cf. Fig. 6), daß die Kathodenstrahlen nach dem Austritt aus dem Diaphragma *D* exzentrisch den Röhrenhals *H* passieren mußten, indem sie in unabgelenkter Richtung sehr

---

[1]) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. 47, 542. 1890.

[2]) A. Wehnelt, Strom- und Spannungsmessungen an Kathoden in Entladungsröhren. Habilitationsschrift. 1901.

nahe (8 mm) an der Rohrwand NN vorübergingen. Die lichte Weite der Rohrwand betrug an dieser Stelle 30 mm. Die Indikatoren wurden so angebracht, daß ihre Entfernung von den ihnen zunächst gelegenen Rohrwänden gleich groß war. Der Versuch wurde unter Anlegung von verschieden hohen Potentialen, wie sie in den vorhergehenden Versuchen zur Verwendung kamen (2000—6000 Volt), ausgeführt. Die übrige Versuchsanordnung blieb die gleiche, nur wurde noch, wie die Figur 6 zeigt, eine Wippe W eingeschaltet, um bald der Kondensatorplatte C_1, bald der Platte C_2 die Ladung erteilen zu können.

Der Versuch ergab, daß die Ablenkungen wirklich größer waren, wenn die den Kathodenstrahlen näher befindliche Indikatorplatte C_2 negativ geladen wurde.

Der umgekehrte Fall müßte eintreten, wenn C_2 positiv geladen wurde und C_1 geerdet war, indem jetzt die Ablenkung kleiner sein mußte, als wenn C_1 positiv geladen und C_2 geerdet war, da ja für positive Ladungen der dunkle Kathodenraum bezw. das Potentialgefälle an der gegenüberliegenden Wand seine Ausgangsstelle (Kathodenseite) besitzen würde.

Dies hat sich experimentell nicht bestätigt, sondern die Ablenkung war immer die größere ohne Rücksicht auf die angelegte Elektrizitätsart bei Ladung derjenigen Indikatorplatte (C_2), welche der Bahn der unabgelenkten Kathodenstrahlen zunächst gelegen war.

Dies deutet direkt auf eine rein elektrostatische Ablenkung hin, wobei der Unterschied in den Ausschlägen nur von der ungleichen Feldstärke herrührt, wie sie sich aus der ungleich großen Entfernung von dem geladenen Kondensator und den Kathodenstrahlen ergibt.

Man bekommt in der Tat gleich große Ablenkungen, sei es, daß man C_2 ladet und C_1 erdet oder C_1 ladet und C_2 erdet, wenn man die Kondensatorplatten so anbringt, daß die Unsymmetrie der Lage der beiden Indikatoren zu der Bahn der unabgelenkten Kathodenstrahlen verschwindet, daß also letztere wieder in der Mitte zwischen den Platten hindurch gehen.

Aus diesen Versuchen darf gefolgert werden, daß die Ablenkung der Kathodenstrahlen — wenigstens in dem bei den von mir vorgenommenen Messungen zur Anwendung gelangten Po-

tentialbereich — auf rein elektrostatischen Ursachen beruht, daß also der dunkle Kathodenraum dabei keine Rolle spielt.

5. Versuche über die Ablenkung der Kathodenstrahlen, wenn die Indikatoren sich innerhalb der evakuierten Röhre befinden.

Zum Schluß sollen noch einige Versuche kurz mitgeteilt werden über die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen, wenn die Indikatoren nach dem Vorbild der Versuchsanordnung der Herren Kaufmann[1]) und Aschkinas in den Innenraum der Braunschen Röhre selbst hineingebracht wurden. Die Verhältnisse sind dann insofern einfacher und besser zu übersehen, als der Einfluß der Rohrwände und der elektrischen Ladung derselben vollständig wegfällt.

Benützt wurde zu den folgenden Versuchen wieder die Röhre II. Die Indikatoren waren blank polierte, rechteckige Platten aus Messingblech von 50 mm Länge und 35 mm Breite. Sie waren an dicke Zuleitungsdrähte angeschraubt, welche in seitlich an den Hals der Braunschen angesetzte Glasröhren eingekittet waren. Die Indikatoren standen sich in einer Entfernung von ca. 10 mm parallel gegenüber, ihre Längsseite lief parallel der Rohraxe.

2 cm vor und hinter den Indikatorplatten war je eine Glimmerscheibe mit einem vertikalen schmalen Schlitz so eingesetzt, daß die in vertikaler Richtung abgelenkten Kathodenstrahlen ungestört hindurch gehen konnten. Diese Glimmerscheiben hatten den Vorteil, daß die diffus von dem eigentlichen Metalldiaphragma ausgehenden Strahlen ausgeblendet waren.

Zur Ladung der Indikatorplatten wurde außer der bisher verwendeten Leydener Flaschenbatterie die Hochspannungsbatterie des hiesigen Instituts (System Zehnder) benutzt, da jetzt infolge der größeren Nähe der Kondensatorplatten und der Kathodenstrahlen schon sehr geringe Potentiale (80 Volt) bereits deutlich meßbare Ablenkungen ergaben und bei Potentialen von über 600 Volt der Fluoreszenzfleck außerhalb des Bereiches des fluoreszierenden Schirmes fiel.

---

[1]) Kaufmann u. Aschkinas, Wied. Ann. 62, 588. 1897.

Die Versuche selbst hatten folgende Ergebnisse:

1. Zunächst wurde festgestellt, wie groß das Potential zwischen den Indikatorplatten sein mußte, um eine eigentliche Querentladung mit Kathodenerscheinungen (dunklen Kathodenraum, Glimmlicht, Kathodenstrahlen) hervorzurufen.

Es ergab sich, daß das Potential nahezu ebenso groß sein mußte als das Entladungspotential im eigentlichen Entladungsrohr, vorausgesetzt, daß keine Kathodenstrahlen den Röhrenhals durchsetzten.

War dies der Fall, so wurden schon bei etwas niedrigeren Potentialen die Entladungen ausgelöst. Ebenso setzte die Entladung bei etwas geringerem Potential ein, wenn mittels des rotierenden Unterbrechers durch periodische Ladung und Entladung der Indikatoren Potentialschwankungen auftraten.

Solange keine eigentlichen Entladungen erfolgten und keine Kathodenstrahlen die Röhre durchsetzten, war bei Anlegung von Potentialen bis zu 8000 Volt mit einem empfindlichen Galvanometer keine Spur von einem Querstrom wahrzunehmen. Gingen jedoch Kathodenstrahlen zwischen den Indikatoren hindurch, so traten schwache Querströme auf, auf welche ich weiter unten zu sprechen komme.

2. Im Gegensatz zu den bisherigen Versuchen mit Außenelektroden bewirkten hier konstante elektrische Felder eine Ablenkung, die nahezu konstant blieb, indem der Fluoreszenzfleck nur im ersten Moment um sehr wenig aus der Lage der maximalen Ablenkung zurückkehrte.

Der Grund, daß trotz der durch den Querstrom abfließenden Elektrizitätsmengen die Potentialdifferenz aufrecht erhalten bleibt, ist darin zu suchen, daß die abströmende Elektrizität durch Zufluß von außen her stets neu ersetzt wird.

Bei der jetzigen Versuchsanordnung war denn auch die Spannungskurve eines Wechselstroms, der aus der Wechselstrommaschine des Instituts entnommen und mittels eines Transformators von 110 Volt auf 500 Volt transformiert wurde, eine sehr reine Sinuskurve ohne die Einbuchtungen an den Stellen der Maxima, von denen eingangs die Rede war.

3. Sobald die Elektrizitätszufuhr von außen unterbrochen wird, bricht auch bei der jetzigen Versuchsanordnung das Feld zusammen.

Es wurde die Leydener Flaschenbatterie zusammen mit der einen Indikatorplatte geladen auf 4000 Volt Spannung. Die Elektrizitätszufuhr wurde, während die Braunsche Röhre von kräftigen Kathodenstrahlen durchsetzt war, unterbrochen und mit einem Chronometer festgestellt, wie viel Zeit verstrich, bis der Fluoreszenzfleck in die Ruhelage zurückgekehrt war, das Potential also auf 0 gesunken war.

Für die positive Ladung der Batterie und des Indikators ergab sich diese Zeit zu ca. 6 Sek.; für die negative Ladung hingegen zu ca. 53 Sek.

Wir begegnen also auch wieder der Tatsache, daß positive Felder rascher zusammenbrechen als elektronegative, und zwar ist dieser Unterschied auch hier von derselben Größenordnung (9 ×) wie derjenige (S. 71) bei der ursprünglichen Versuchsmethode (3 × für Röhre II).

Der Grund für diesen ungleich schnellen Zusammenbruch der positiven und negativen Felder ist, wie schon ausgeführt, darin zu suchen, daß die Kathodenstrahlen einen Überschuß von negativen Jonen mit sich führen, wodurch der Zusammenbruch, der auch ohne die von den Kathodenstrahlen mitgeführte freie negative Elektrizität infolge der Ionisation des Gases erfolgen würde, für positive Felder beschleunigt wird.

Wiederholt man den Versuch, ohne daß die Braunsche Röhre erregt ist, so erfolgt der Zusammenbruch des Feldes sowie die Entladung der Batterie äußerst langsam. Es fiel z. B. — ohne Unterschied der Ladung — das Potential von 4000 auf 3000 Volt in ungefähr 9 Minuten und von hier ab noch weit langsamer; dieser Elektrizitätsverlust ist nur auf Rechnung schlechter Isolation zu setzen.

4. Endlich sollen noch einige Angaben gemacht werden über die Intensität der Querströme (Ionisationsströme), welche infolge der durch Ionisation entstehenden Leitfähigkeit des Gases vom geladenen Kondensator zum geerdeten strömen und den Zusammenbruch der elektrischen Felder zur Folge haben.

Diese Querströme können in ihrem qualitativen wie quantitativen Verlauf verfolgt werden, wenn man in die Erdleitung der einen Indikatorplatte ein sehr empfindliches Galvanometer legt. Ich benutzte hiezu ein Deprez-d'Arsonval-Galvano-

meter. Einen Skalenteilausschlag entsprach eine Stromstärke von $1{,}4 \cdot 10^{-8}$ Amp.

a) Zunächst wurde untersucht, wie groß die Elektrizitätsmenge bezw. wie stark der Strom ist, welcher von der von den Kathodenstrahlen mitgeführten freien Elektrizität hervorgerufen wird, wenn dieselbe auf die Kondensatorplatte sich ansammelt, welche durch das Galvanometer mit der Erde in Verbindung steht. Die andere Platte war gleichfalls geerdet. Es wurde im Durchschnitt ein Ausschlag von 35 Skt., also eine Stromstärke von ca. $5 \cdot 10^{-7}$ Amp. gefunden. — Mit Zunahme der Intensität der Kathodenstrahlen nahm diese Stromstärke gleichfalls zu.

b) Der Querstrom für angelegte positive Potentiale ist intensiver als für negative Potentiale.

Es wurde die eine Indikatorplatte im Entladungsraum auf — 1200 Volt geladen; der Querstrom, der eintrat, sobald Kathodenstrahlen das Entladungsrohr durchsetzten, besaß dann bei einem Ausschlag von 100 Skt. eine Stromstärke von ca. $1{,}4 \cdot 10^{-6}$ Amp., die längere Zeit konstant erhalten blieb und sehr langsam etwas schwächer wurde.

Bei Anlegung eines positiven Feldes (+ 1000 Volt) war die Intensität des Querstroms sehr schwankend. Der maximale Ausschlag betrug ca. 300 Skt. ($4{,}2 \cdot 10^{-6}$ Amp.), das Minimum 230 Skt. ($3{,}3 \cdot 10^{-6}$ Amp.). Zwischen diesen Grenzen schwankte die Stromstärke, in dem sie nach erreichtem Maximum plötzlich den geringsten Wert annahm, um dann wieder langsam zu steigen.

Die Ablenkung des Galvanometers und damit die Richtung des Querstroms war stets genau die dem angelegten Potential entsprechende. Bei dem von den Kathodenstrahlen allein hervorgerufenen Strome besaß sie die Richtung eines angelegten negativen Potentials.

Die Intensität des Querstroms hängt, wie zu erwarten war, auch von der Höhe der Felder ab, indem dieselbe wächst mit der Zunahme des Potentials. Weitere genaue Untersuchungen über diese Querströme, zumal ob man bei stetiger Potentialerhöhung auch hier zu einem Maximalstrom gelangt, sollen in nächster Zeit im hiesigen Institut fortgesetzt werden.

V. Resultate.

1. Die Ablenkung der Kathodenstrahlen in elektrischen Feldern ist rein elektrostatischer Natur; sie gehorcht im wesentlichen den Gesetzen der Emissionstheorie; dunkle Kathodenräume spielen dabei keine Rolle.

2. Unter dem Einfluß des Feldes wandern die von den Kathodenstrahlen erzeugten Ionen, d. h. es bilden sich Querströme aus, die das Verschwinden des elektrischen Feldes zur Folge haben.

3. Die durch die Kathodenstrahlen im Überschuß mitgeführten negativen Ionen erklären alle Unterschiede im Verhalten der Kathodenstrahlen, die beim Anlegen positiver oder negativer Potentiale auftreten.

4. Röhren mit Außenindikatoren sind zur Messung konstanter Potentiale überhaupt nicht brauchbar; für variable Potentiale nur bei so schnellen zeitlichen Änderungen, daß noch kein merkliches Sinken des Potentials durch den Querstrom eintritt.

5. Röhren mit Innenelektroden sind für Messungen von dynamischen Potentialen brauchbar, seien es Gleichstrom- oder Wechselstrompotentiale.

6. Dabei vermögen selbst geringe Schwankungen erstens des Entladungspotentials in der Röhre und zweitens der Stromstärke große Meßfehler hervorzurufen.

Bei vorliegenden Untersuchungen wurde mir von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. E. Wiedemann sowie von Herrn Privatdozenten Dr. A. Wehnelt die liebenswürdigste Unterstützung durch Rat und Tat zu teil. Es ist mir deshalb eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle meinen innigsten Dank zum Ausdruck zu bringen.

Über physikalisch-chemische und physiologische Wirkungen einiger Alkaloide auf Zellen.

Von A. Martin.

Aus dem pharmakologisch-poliklinischen Institut der Universität Erlangen.

Pharmakodynamische Wirkungen kommen dadurch zu stande, daß das Pharmakon und der Organismus in chemische und physikalische Wechselwirkung zu einander treten. Gerade die physikalischen Wirkungen chemischer Substanzen auf die lebende Zelle sind es, die unser besonderes Interesse beanspruchen, da sie dem Verständnis viel zugänglicher sind als die komplizierten chemischen Veränderungen, die sowohl das Protoplasma, über dessen molekularen Bau wir nur sehr geringe Kenntnisse besitzen, als auch die einwirkende chemische Substanz betreffen. Außerdem gibt uns das Studium physikalischer Einwirkungen auf die Zelle Antwort auf die Frage, ob auch hier allgemeine Gesetze der Physik, wie sie durch das Experiment des Physikers gefunden worden sind, auch für das physiologische, das heißt für das mit dem Organismus angestellte Experiment Geltung haben und durch dasselbe ihre Bestätigung finden. In sehr vielen Fällen wird es natürlich nicht ohne weiteres möglich sein, eine scharfe Unterscheidung zwischen chemischer und physikalischer Wirkung zu treffen. Es gilt dann eben Bedingungen zu schaffen, welche möglichst nur eine Wirkung zur Entfaltung und Anschauung bringen. So wird es gelingen, ein richtiges Urteil über eine pharmakodynamische Wirkung zu gewinnen.

Betrachten wir zunächst die Grundlagen physikalischer Wirkungen von Substanzen auf lebende Zellen.

Kochsalzlösung ist für lebende Zellen eine indifferente Substanz, solange ihre Konzentration von der Salzkonzentration im

Innern der Zelle nicht bedeutend abweicht. Bringen wir aber Zellen in eine Lösung mit höherem Prozentgehalt an Kochsalz, so sehen wir an ihnen eine charakteristische Gestaltsveränderung vorgehen: sie nehmen an Volumen ab, sie schrumpfen; bewegungsfähige Zellen stellen ihre Bewegungen ein und sterben schließlich ab. Der Grund für diese Erscheinungen liegt in der osmotischen Druckdifferenz des Zellinhaltes und der umgebenden Kochsalzlösung. Durch Diffusion des Kochsalzes in die Zelle kann sich kein Druckausgleich einstellen, da die lebende Zellmembran bezw. die Randschicht des Protoplasmas für Kochsalzmolekeln undurchgängig ist. Daß dies wirklich der Fall ist, hat die chemische Analyse der roten Blutkörperchen gezeigt, die, obwohl sie beständig in einer $^3/_4$prozentigen Kochsalzlösung (dem Blutserum) schwimmen, dennoch keine Spur Kochsalz enthalten. Umgekehrt halten die roten Blutkörperchen Kalisalze mit großer Zähigkeit fest und geben sie nicht an die umgebende Flüssigkeit ab.

Da also der Ausgleich durch Diffusion nicht erfolgen kann, muß er, falls keine starre Zellmembran existiert, durch Wasserabgabe aus der Zelle in die umgebende Flüssigkeit sich herzustellen versuchen. Innerhalb gewisser Grenzen wird ein solcher Ausgleich unbeschadet der Lebensfähigkeit der Zelle tatsächlich stattfinden. In anderen Fällen dagegen wird der Austritt der Wassermolekeln aus der Zelle schwere Schädigungen des Protoplasmas erzeugen, die schließlich das Absterben der Zelle bedingen.

Wie das Kochsalz sind noch viele andere Salze sowie die Zuckerarten nicht im stande, in lebende Zellen einzudringen. Wohl aber gibt es eine große Anzahl anderer chemischer, insbesondere organischer Substanzen, die mit größerer oder geringerer Leichtigkeit ins Innere von Zellen, seien es nun rote Blutkörperchen, Pflanzenzellen, Nervenzellen u. s. w., einzudringen vermögen. Ob nun eine chemische Substanz in lebende Zellen eindringt, kann man auf folgende Weise experimentell entscheiden.

A. Plasmolytische Methode von de Vries.

In Pflanzenzellen ist das Protoplasma bekanntlich eingeschlossen von der sogenannten Plasmahaut, die als äußerst

dünnes Häutchen der aus Cellulose bestehenden Membran anliegt. Die Cellulosemembran ist für Salze und Zuckerarten leicht durchgängig, die Plasmahaut dagegen nicht. Bringt man nun Pflanzenzellen in eine z. B. 1%ige Kochsalzlösung (die einen höheren osmotischen Druck besitzt als das Zellprotoplasma), so treten Wassermolekeln aus dem Protoplasma in die Kochsalzlösung aus. Dadurch nimmt der Inhalt des Plasmaschlauches an Volum ab, er schrumpft. Die Plasmahaut zieht sich von der starren Zellmembran zurück, was besonders bei gefärbtem Zellsafte, z. B. bei den Oberhautzellen des Blattes von Tradescantia discolor, gut zu beobachten ist. Diesen Vorgang nennen wir Plasmolyse. Ist der osmotische Druck des umgebenden Mediums dem des Protoplasmas gleich, oder vermag die Substanz ohne Schwierigkeit in die Zellen einzudringen, so daß ein Druckunterschied zwischen dem Zellinnern und der Umgebung sich sofort ausgleicht, so tritt keine Plasmolyse ein.

Wollen wir nun erfahren, ob eine Substanz in die Tradeskantiazellen eindringt oder nicht, so stellen wir uns eine Lösung der betreffenden Substanz her, die den gleichen oder noch höheren osmotischen Druck besitzt als die 1%ige Kochsalzlösung. Der osmotische Druck läßt sich leicht berechnen aus dem Molekulargewicht der Verbindung und ihrem Dissoziationskoeffizienten, oder wir ersehen den osmotischen Druck direkt aus der Gefrierpunktserniedrigung. In die der 1%igen Kochsalzlösung isosmotische Lösung des zu untersuchenden Körpers bringen wir nun die Tradeskantiazellen.

Dabei sind von vornherein folgende Fälle denkbar:

I. Die Substanz dringt rasch ein — es tritt auch in konzentrierten Lösungen keine Plasmolyse ein.

II. Die Substanz dringt langsam ein — es tritt Plasmolyse ein, die nach kürzerer oder längerer Zeit wieder zurückgeht.

III. Die Substanz dringt nicht ein — in ihrer Lösung findet dauernde Plasmolyse statt.

Der erste Fall ist ohne weiteres klar: es kann keine Plasmolyse eintreten, da ein sofortiger Druckausgleich stattfinden kann ohne Wasseraustritt aus der Zelle, also auch ohne Volumsverminderung derselben. Im zweiten Falle besteht anfänglich seitens der Lösung ein Überdruck, der durch Wasseraustritt

aus der Zelle kompensiert wird, d. h. durch Plasmolyse, die aber in dem Maße zurückgehen wird, als die Substanz durch Diffussion in das Zellinnere eindringt, da ja sonst im Zellinnern ein Überdruck entstehen würde. Im dritten Falle kann nach dem oben Gesagten ein Druckausgleich nur durch dauernde Plasmolyse erfolgen.

B. Blutkörperchenmethode nach Hamburger.

Bei dieser Methode findet eine der Physiologie längst bekannte Tatsache Anwendung. Bringt man rote Blutkörperchen eines Säugetieres in destilliertes Wasser, lo lassen sie bekanntlich ihr Hämoglobin fahren (sie „lösen sich auf"). Dies gibt sich dadurch kund, daß sich die Blut-Wassermischung nicht mehr, wie beim unverdünnten Blut, in klares überstehendes Serum und die abgesetzten roten Blutkörperchen scheidet, sondern die ganze Flüssigkeit wird gleichmäßig durchsichtig rot, „lackfarben".

Dies geschieht auch in einer 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 und 0,5 %igen Kochsalzlösung, erst in einer Konzentration von 0,6 % Kochsalz erfolgt keine Auflösung der roten Blutkörperchen. Eine 0,1—0,5 %ige Kochsalzlösung ist dem Zellinhalt der roten Blutkörperchen gegenüber hypisotonisch, infolgedessen erfolgt zum Zwecke des Druckausgleichs Wassereintritt in dieselben, sie quellen, platzen schließlich und lassen ihr Hämoglobin austreten. Die Lösung, die mit den roten Blutkörperchen der Warmblüter isosmotisch ist, ist eine 0,8—0,9 %ige. In einer 1 %igen Kochsalzlösung tritt bereits, wie bei den Pflanzenzellen Plasmolyse, bei den Erythrocyten Schrumpfung ein. Ebenso gilt dies füs alle hyperisosmotischen Lösungen von Salzen und Zuckerarten, vorausgesetzt, daß kein Eindringen derselben stattfindet. Andrerseits ist zu bemerken, daß, falls in isosmotischen Lösungen Auflösung der roten Blutkörperchen erfolgt, eine spezifisch schädigende Wirkung der gelösten Substanz auf die roten Blutscheiben angenommen werden muß, die den molekularen Bau derselben so verändert, daß sie ihr Hämoglobin abgeben.

Nach diesen Methoden ist nun eine große Anzahl von Verbindungen auf ihr Eindringungsvermögen in pflanzliche und tierische Zellen untersucht worden. Ich habe auf Anregung

von Herrn Privatdozent Dr. Heinz es unternommen, nach dieser Richtung einige Alkaloide, und zwar die salzsauren Salze des Morphins, des Kokains und des Atropins und das basische Koffein sowie die der Alkaloidreihe zur Basis dienenden Körper, Pyridin, Chinolin und das hexahydrierte Pyridin, das Piperidin, zu untersuchen. Untersuchungen in dieser Richtung liegen namentlich von Overton vor.

Overton hat gezeigt, daß die meisten freien Alkaloide außerordentlich leicht in tierische und pflanzliche Zellen eindringen. Eine Ausnahme hiervon mache das Morphin, das zwar ebenfalls, aber bedeutend langsamer eindringe. Die Salze der Alkaloide dringen nach Overton überhaupt nicht in merklichem Grade ein. Nur infolge hydrolytischer Spaltung oder bei Anwesenheit kleiner Mengen Alkali finde ein Eindringen des freien Alkaloids statt. Er hat dies damit bewiesen, daß der Zusatz geringer Mengen eines schwachen Alkalis, z. B. Natriumkarbonat, die Giftigkeit des betreffenden Alkaloids erhöhe, Zusatz von Säure dagegen, der die hydrolytische Zerlegung der Lösung zurückdrängt, die Giftigkeit fast vollständig aufhebt. In derselben Arbeit erwähnt Overton noch eine andere Methode zur Untersuchung der Permeabilität der Alkaloide. Bringt man lebende gerbstoffhaltige Zellen (z. B. die Fäden einer geeigneten Spirogyraart) in Alkaloidlösungen, so sieht man nach längerer oder kürzerer Zeit einen bräunlichen bis schwärzlichen Niederschlag im Zellsaft auftreten, der von einer unlöslichen Alkaloidgerbsäureverbindung herrührt.

Ich habe diese letzteren Versuche ebenfalls angestellt.

Bevor ich nun zur Beschreibung meiner Versuche im einzelnen übergehe, will ich noch verschiedener Punkte Erwähnung tun, die für die Beurteilung derselben von Wichtigkeit sind.

Die Basen Pyridin und Piperidin wurden, um die grobchemische Ätzwirkung auszuschließen, mit Salzsäure neutralisiert. Chinolin ist in Wasser unlöslich, infolgedessen konnten den andern Alkaloidlösungen nur durch Emulsionen in gleicher %iger Zusammensetzung einigermaßen ein Analogon an die Seite gesetzt werden. Morphin. hydrochl. ist nur zu ca. 5% in Wasser löslich, bei Koffein liegt die konzentrierte Lösung zwischen 1% und 2%.

Versuche an Tradeskantiazellen.

Die von der Unterseite des Blattes von Tradescantia discolor zu beiden Seiten der Mittelnerven in möglichst dünnen Schnitten mit dem Rasiermesser abgetragenen Epidermisscheibchen wurden in Uhrschälchen von verschiedenen Konzentrationen der zu untersuchenden Substanzen gebracht und bei schwacher Vergrößerung beobachtet.

Pyridin (neutr.) 1%: keine Plasmolyse nach 1 Stunde
5%: „ „ „ „ „ .
Piperidin (neutr.) 1%: keine Plasmolyse nach 1 Stunde
2%: geringe „ „ „ „
3%: stärkere „ „ „ „ .

Nach 3 Stunden ist die Plasmolyse anscheinend bei 2% etwas zurückgegangen, bei 3% sind alle Zellen noch stark plasmolysiert.

Nach 24 Stunden ist das Protoplasma bei 2% fast überall blau gefärbt, nirgends mehr Plasmolyse zu sehen, bei 3% sind fast alle Zellen farblos, die übrigen blau, nirgends mehr Plasmolyse.

Die reine alkalische Piperidinlösung erzeugt zu 5% keine Plasmolyse.

Koffein 1%: keine Plasmolyse
„ konzentr.: „ „
Cocain hydr. 1%: keine Plasmolyse, auch nach 1 Std. nicht
2%: „ „ „ „ „ „ „
3%: „ „ „ „ „ „ „
4%: Plasmolyse nach etwa 10 Minuten, nach 3 Stunden vollständig zurückgegangen.
5%: stärkere Plasmolyse, ebenfalls nach 3 Stunden zurückgegangen.
Atropin. hydr. 1%: keine Plasmolyse
2%: „ „
3%: „ „
4%: geringe Plasmolyse, nach ca. 6 Stunden wieder beobachtet. Plasmolyse völlig zurückgegangen.
5%: stärkere Plasmolyse, nach 6 Stunden noch nicht völlig zurückgegangen.

Morphin. hydr. 5%: auch nach 1 Stunde noch keine Plasmolyse zu beobachten.

Daß bei Pyridin in 5%iger Lösung keine Plasmolyse auftritt, beweist, daß das freie Alkaloid, wie schon Overton beobachtet hat, rasch eindringt. Das durch Neutralisation entstandene salzsaure Pyridin ist, da Pyridin eine schwache Base ist, in zu geringer Menge vorhanden, um den notwendigen osmotischen Überdruck hervorzurufen. Anders bei Piperidin, das eine starke Base ist und viel HCl zur Neutralisation braucht, also neutralisiert auch größere Mengen salzsauren Piperidins enthält. So sehen wir denn auch bereits in 2%iger Lösung Plasmolyse auftreten. Daß es nur das Salz ist, welches diese erzeugt, geht daraus hervor, daß die Piperidinbase auch zu 5% keine Plasmolyse erzeugt, also ebenso wie Pyridin leicht eindringt. Aus dem Koffeinversuch kann auf das Eindringen des Koffeins kein Rückschluß gezogen werden, da die konzentrierte Lösung auf keinen Fall hyperisotonisch ist (Mol.-Gew. des Koffeins 212).

Dagegen geht aus den mit Cocain. hydrochl. und Atropin. hydrochl. angestellten Versuchen mit Sicherheit hervor, daß ein Eindringen dieser Substanzen, wenn auch langsam, erfolgt.

Das Resultat des Morphinversuches wird weiter unten erörtert werden.

An dieser Stelle möge eine gelegentlich dieser Versuche gemachte nicht uninteressante Beobachtung erwähnt werden, die vielleicht geeignet ist, über das Wesen der Fähigkeit von Substanzen, in Zellen einzudringen, einiges Licht zu verbreiten. Bei den Kokain- und Atropin-, namentlich aber bei den Pyridin- und Piperidinversuchen ließ sich in einzelnen Zellen, in denen die Plasmolyse vollständig zurückgegangen war, eine gegen das Violett der übrigen Zellen deutlich hervortretende Blaufärbung erkennen. In den Tradeskantiazellen ist offenbar ein dem Lackmus ähnlicher Farbstoff enthalten. Ich untersuchte nunmehr die Tradeskantiazellen in abnehmenden Konzentrationen von NaOH und HCl.

Der Erfolg war der, daß durch Natronlauge eine exquisite Blaufärbung, durch Salzsäure eine ebensolche Rotfärbung erzeugt wurde, die um so langsamer auftrat, je größer die Verdünnung war. Diese Umfärbung kann bei zweckmäßig ausgewählter

Konzentration von Säure oder Base sehr gut beobachtet werden. Man sieht z. B. in alkalischer Lösung, wie das Violett einer Zelle allmählich an Rot verliert und an Blau zunimmt bis zur völligen Blaufärbung.

Diese Erscheinung bei neutral reagierenden Salzen oder neutralisierten Basen dürfte darauf hindeuten, daß es nur der alkalische Teil des Moleküls ist, der in die Zelle eindringt, eine Annahme, die mit der erwähnten Overtonschen bezüglich des Eindringens der Alkaloide in Einklang stünde.

Nach den Resultaten der Tradeskantiaversuche war es von Interesse zu erfahren, ob auch die auf physikalischem Wege gefundenen osmotischen Druckwerte der Alkaloidlösungen ein mit den physiologischen Versuchen übereinstimmendes Resultat lieferten. Zu dieser Ermittlung standen zwei Wege offen, entweder die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der betreffenden Lösungen zur Ermittlung ihres Dissoziationsgrades oder die Feststellung der Gefrierpunkte der betreffenden Lösungen. Ich habe den letzteren gewählt.

Literaturangaben scheinen auf diesem Gebiete noch gänzlich zu fehlen.

Die Bestimmungen wurden mittels des in Laboratorien meist gebräuchlichen Beckmannschen Apparates ausgeführt.

Als Ausgangs- und Kontrollversuch wurde nicht der Gefrierpunkt des destillierten Wassers, dessen genaue Feststellung wegen der Schwierigkeit, ganz reines destilliertes Wasser zur Hand zu haben, und aus andern Gründen nach der Angabe verschiedener Autoren nicht leicht ist, sondern der einer sorgfältig bereiteten 1%igen NaCl-Lösung ermittelt, der konstantere Werte ergibt. Für diese Lösung wurde nach den übereinstimmenden Versuchen von Raoult, Jones, Loomis, Abegg, Nernst und Abegg die Depression durch Interpolation zu 0,589° ermittelt.

Diese Bestimmung der 1%igen Kochsalzlösung wurde am Anfange und am Ende jeder der beiden Versuchsreihen ausgeführt. Für jedes Alkaloid wurden je drei Bestimmungen hinter einander gemacht, das aus den Zahlen erhaltene arithmetische Mittel abgerundet als Gefrierpunkt angenommen und die Erniedrigung desselben festgestellt.

Bei allen Versuchen wurde besonders auf möglichst gleich-

mäßige Ausführung aller Bestimmungen geachtet, insbesondere Temperaturschwankungen des Kühlgefäßes um mehr als $1^1/_2{}^0$ (zwischen $6^1/_2{}^0$ und 8^0) vermieden und die Impfung stets bei annähernd der gleichen Unterkühlung vorgenommen.

Die Untersuchungen wurden an den drei verwendeten Salzen, dem Cocain. hydrochl., dem Atropin. hydrochl. und dem Morphin. hydrochl. ausgeführt.

NaCl 1%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,515	3,52	3,515
Depression:		0,589	
Atrop. hydrochl. 5%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,625	3,63	3,63
Depression:		0,474	
Cocain. hydrochl. 5%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,64	3,64	3,64
Depression:		0,464	
Morph. hydrochl. 5%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,95	3,94	3,94
Depression:		0,159	
NaCl 1%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,505	3,515	3,515
Depression:		0,589	
NaCl 1%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,55	3,56	3,65
Depression:		0,589	
Atrop. hydrochl. 2,5%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,895	3,895	3,90
Depression:		0,244	
Cocain. hydrochl. 2,5%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,905	3,905	3,895
Depression:		0,239	
NaCl 1%	I.	II.	III.
Gefrierpunkt:	3,55	3,545	3,550
Depression:		0,589	

Will man nun ermitteln, welchen Kochsalzkonzentrationen die 5 bezw. 2,5 %igen Alkaloidlösungen isosmotisch sind, so braucht man nur in Tabellen Kochsalzkonzentrationen gleicher Gefrierpunktserniedrigung aufzusuchen, die ja, da sie osmotisch gleich konzentriert sind, den gleichen osmotischen Druck aus-

üben. Am geeignetsten erwies sich für meine Bestimmungen die Tabelle von Koeppe, deren in Betracht kommende Zahlen hier Platz finden mögen:

g NaCl in 1000 ccm Wasser	Δ
11,36	0,687
6,82	0,424
2,73	0,117.

Die für die 5%ige Atropinlösung gefundene Depression ist 0,474. Die isosmotische Kochsalzlösung liegt also zwischen der 0,682 und der 1,136%igen. Durch Interpolation läßt sich die isosmotische Kochsalzlösung zu 0,76% ermitteln.

2,5%	Atrop. hydrochl.	isosm.	0,44% NaCl
5%	Cocain. hydrochl.	„	0,75% „
2,5%	„ „	„	0,43% „

Zur Berechnung des absoluten osmotischen Druckes in Atmosphären führen folgende Überlegungen:

Fände in einer beliebigen Lösung keine Dissoziation statt, so müßte die Gefrierpunktserniedrigung $\Delta' = \frac{1{,}85 \cdot c}{M}$ sein, wobei c die Gewichtsmenge der Substanz in 1000 ccm Wasser, ausgedrückt in g und M das Molekulargewicht der Substanz darstellt. 1,85 ist die Gefrierpunktserniedrigung nicht dissoziierter organischer Normallösungen.

Ist nun aber die wahre Gefrierpunktserniedrigung $= \Delta$, so wird durch den Quotienten $\frac{\Delta}{\Delta'}$ angegeben, wie vielmal mehr Teilstücke (ungespaltene Molekeln + gespaltene) sich in der tatsächlich dissoziierten Lösung befinden als in der nicht dissoziiert gedachten.

Also:
$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{\Delta}{\frac{1{,}85 \cdot c}{M}} = \frac{\Delta \cdot M}{1{,}85 \cdot c}$$

So findet man für:

Kokain 5% $\frac{\Delta}{\Delta'} = 1{,}7$

„ 2,5% $\frac{\Delta}{\Delta'} = 1{,}75$

Atropin 5,0% $\frac{\Delta}{\Delta'} = 1{,}66$

„ 2,5% $\frac{\Delta}{\Delta'} = 1{,}73$

Mit Hilfe dieser Zahlen läßt sich nun der absolute osmotische Druck folgendermaßen berechnen:

$^1/_{22}$ g H übt, in einem Volumen von 1 Liter vergast gedacht, bei 0° einen Druck von 1 Atm. aus. Also würden z. B. 50 g Atropin. hydrochl. unter den gleichen Voraussetzungen einen Druck von $22 \cdot \frac{50{,}0}{325{,}5}$ ausüben, falls keine Dissoziation stattfände. Da aber, wie wir gesehen haben, eine solche vorhanden ist, so ist die gefundene Zahl mit dem Quotienten $\frac{A}{A'}$ für Atropin 5% also mit 1,66 zu multiplizieren.

So findet man für

5% Atrop. hydrochl. 5,6 Atm. Druck bei 0°
5% Cocain. hydr. 5,5 „ „ „ „.

Bei der Gefrierpunktsbestimmung der 5%igen Morphinlösung hatte sich gezeigt, daß das Salz in Menge ausfiel, also nur ein Bruchteil desselben (d. h. der bei Beginn der Gefrierung in Lösung befindliche) als maßgebende Konzentration anzusehen war. Es wurde daher durch Filtration bei 0° und analytische Wägung die maximale Konzentration der Morphinlösung bei 0° festgestellt. Auf große Genauigkeit kann diese Bestimmung allerdings keinen Anspruch machen, da ja die Filtration nicht bei dem Gefrierpunkt der Morphinlösung, sondern bei 0° (oder wohl etwas darüber) vorgenommen wurde. Infolgedessen dürfte die gefundene Konzentration von 2,56% Morph. hydrochl. etwas zu hoch sein. Da nun ferner das Molekül des Morphin. hydrochl. 3 H_2O Krystallwasser enthält, so war die bei der Berechnung des osmotischen Druckes zu berücksichtigende Konzentration nicht 25,6 g im Liter, sondern $25{,}6 \cdot \frac{M - 3H_2O}{M}$

$= \frac{321{,}5}{375{,}5} \cdot 25{,}6 = 21{,}9$ g im Liter, also 2,19%ig.

Berechnet man nun mit der Gefrierpunktserniedrigung dieser Konzentration die isosmotische NaCl-Lösung, so findet man 0,38% NaCl. Da aber die Gefrierpunktsdepression nach dem oben Gesagten wahrscheinlich für eine noch geringere Konzentration als 2,19%, also schätzungsweise für 2% gilt, so findet man nunmehr eine gute Übereinstimmung mit den isosmotischen Kochsalzkonzentrationen von Atropin und Kokain:

Kok. 2,5% isosmot. NaCl% 0,43
Atrop. 2,5% isosmot. NaCl% 0,44
Morph. 2,0% (schätzungsweise) isosmot. NaCl% 0,38.

Vergleichen wir nun die mit der physikalischen Methode gefundenen Zahlen mit denen der Tradeskantiaversuche, so sehen wir folgendes:

Eine 0,5%ige Kochsalzlösung ist für die Tradeskantiazellen hypisotonisch, eine ca. 0,7%ige eben hyperisotonisch.

Die 5%igen Lösungen des salzsauren Kokains und Atropins sind nach den Gefrierpunktbestimmungen isosomotisch 0,75 bezw. 0,76%igen Kochsalzlösungen, die also bereits Plasmolyse bei den Tradeskantiazellen hervorrufen. In der Tat tun dies auch die 5%igen Kokain- und Atropinlösungen. 3%ige Lösungen rufen keine Plasmolyse hervor, was ganz erklärlich ist, da 2½%ige nur einer ca. 0,43%igen, also für die Tradeskantiazellen weit hypisotonischen Kochsalzlösung isosmotisch sind. Analoge Vergleiche lassen sich für die Morphinlösungen nur annäherungsweise durchführen, da, wie wir gesehen haben, die Gefrierpunktserniedrigung nur für eine ca. 2%ige Lösung zu ermitteln war. Immerhin wird man nach der guten Übereinstimmung, die die Zahlen des Morphins mit denen des Kokains und Atropin aufweisen, in der Annahme nicht sehr fehlgehen, daß sich die durch Auflösen von 5 g Morphin. hydrochlor. in 100 ccm Wasser erhaltene, tatsächlich aber wegen des Krystallwassers im Molekül nur 4,28%ige Morphinlösung den Tradeskantiazellen gegenüber ähnlich verhalten müßte wie die gleich konzentrierten Kokain- und Atropinlösungen. Sie müßte also Plasmolyse erzeugen. Da dies nicht der Fall ist, so liegt die Vermutung nahe, daß ein rasches Eindringen des Morphins erfolgt, ein mit der Angabe Overtons in Widerspruch stehendes Resultat.

Versuche an Spirogyren.

Die Fadenalgen wurden in Uhrschälchen mit 1%igen Alkaloidlösungen, zu deren Herstellung nicht destilliertes Wasser, sondern 0,7%ige NaCl-Lösung verwendet wurde, gebracht und bei schwacher Vergrößerung beobachtet:

Pyridin: Nach etwa fünf Minuten ziemlich intensive graubraune Körnelung im Protoplasma zu sehen. Chlorophyllbänder

noch sehr undeutlich zu erkennen, verschwinden allmählich ganz.

Piperidin: Die Fällung tritt langsamer auf, wird aber viel intensiver als bei Pyridin. Die Körnelung schwarzbraun. Das Protoplasma vieler Zellen nach etwa 1 Stunde in Teilstücke zerfallen (Plasmoschise).

Chinolin: Das ganze Protoplasma augenblicklich erfüllt von einer starken grauschwarzen Trübung, keine Spur von Struktur (Chlorophyllbänder nicht mehr zu sehen, stellenweise Zellen frei von Trübung, hier starke Plasmoschise).

Kokain: Starke rasch auftretende Trübung, stellenweise Plasmoschise.

Atropin: Langsam zunehmende Trübung, allmähliches vollständiges Verschwinden der Chlorophyllbänder.

Morphin: Chlorophyllbänderanordnung noch überall deutlich zu sehen, Trübung gering, keine Plasmoschise.

Koffein: Intensive Füllung, keine Plasmoschise.

Es ergibt sich also aus diesen Versuchen das allen untersuchten Alkaloiden gemeinsame Resultat, daß sie mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit in die Spirogyrenzellen einzudringen vermögen.

Die Beobachtung der bei Piperidin stärker als bei Pyridin auftretenden Fällung legte den Gedanken einer experimentellen Untersuchung der Fällungsverhältnisse beider Alkaloide nahe.

Zu 1%-, 0,5%-, 0,1%-, 0,05-, 0,01%igen Lösungen von Acid. tannic. wurde je ein Tropfen einer 10%igen Pyridin-, bezw. in einer zweiten Reihe einer 10%igen Piperidinlösung zugesetzt. Dabei ergab sich folgendes Resultat:

Die Pyridinreihe zeigte mit abnehmender Gerbsäurekonzentration eine abnehmende Fällungsmenge. Bei Piperidin dagegen nahm die Fällungsmenge mit abnehmender Konzentration bis zu einer gewissen Grenze zu. Daraus geht hervor, daß die in Wasser unlösliche Verbindung des Piperidins in einem Überschuß von Gerbsäure löslich ist. Daß die absolut fällende Wirkung des Piperidins eine stärkere ist als die des Pyridins, geht daraus hervor, daß bei Konzentrationen von 0,01 Tannin dieselbe bei Pyridin = 0 ist, bei Piperidin dagegen deutlich sichtbar, ja sogar bei 0,005% Gerbsäure noch erkennbar ist. Da nun in den Spirogyrenzellen Gerbsäure nur in geringer

Menge vorhanden sein dürfte, so daß eine Lösung der Fällung im Überschuß bei Piperidin ausgeschlossen ist, erklärt es sich, daß Pyridin die schwächere, Piperidin die stärkere Fällung erzeugt.

Versuche an roten Blutkörperchen des Kaninchens.

Zu diesen Versuchen wurde frisches, der Karotis des Kaninchens entnommenes, defibriniertes und durch Kolierung von allen Fibrinresten sorgfältig befreites Blut verwendet. Um jede Spur freien Hämoglobins im Serum zu vermeiden, durfte dasselbe natürlich nicht mit destilliertem oder Leitungswasser in Berührung kommen. Es mußten also alle zur Verwendung gelangenden Gefäße, Instrumente etc. möglichst trocken sein.

Dieses so vorbereitete Blut wurde in einer Menge von $^1/_2$ ccm = 10 Tropfen zu $9^1/_2$ ccm vorher aus 10%igen Stammlösungen hergestellten Alkaloidlösungen zugesetzt, die nunmehr dieselbe Menge Blut in derselben Menge Lösung von verschiedenem genau bekannten Prozentgehalt an fester Substanz enthielten.

Um genau chemische und physikalische Wirkungsweise trennen zu können, wurde eine Reihe Alkaloidlösungen mit destilliertem Wasser, eine zweite mit 0,7%iger NaCl-Lösung angefertigt.

Fand im ersteren Falle Auflösung der roten Blutkörperchen statt, so konnte sie chemischen Ursprungs, physikalischen Ursprungs oder beides zugleich sein. Trat dagegen in der zweiten Versuchsreihe Auflösung ein, so mußte sie rein chemischen Ursprungs sein, einer giftigen Wirkung der betreffenden Substanz zugeschrieben werden. War dies richtig, so mußte der Versuch der zweiten Reihe seine Bestätigung dadurch finden, daß, falls bei ihm Auflösung zu konstatieren war, auch in einer hyperisotonischen Lösung der betreffenden Substanz Auflösung erfolgte.

I. Je 10 ccm Aq. dest. enthalten $^1/_2$ ccm Blut und 1% Alkaloid.

Pyridin	(neutralis.):	vollständige	Auflösung.
Chinolin:		„	„
Piperidin	(neutral.):	„	„
Morphin.	hydr.:	„	„
Cocain.	„	„	„
Atropin.	„	„	„
Coffein.	„	„	„

II. Je 10 ccm NaCl-Lösung 0,7% enthalten $^1/_2$ ccm Blut und 1% Alkaloid.

Pyridin (neutr.): Keine Auflösung, auch nach 24 Stunden nicht.

Chinolin: Langsam zunehmende, in 24 Stunden vollendete Auflösung.

Piperidin (neutr.): Keine Auflösung, auch nach 24 Stunden nicht.

Morphin: Allmählich zunehmende, nach 24 Stunden noch nicht vollendete Auflösung (0,1% keine Auflösung).

Kokain: Nach 24 Stunden vollendete Auflösung.

Atropin: Nach 12 Stunden vollendete Auflösung.

Koffein: Keine Auflösung.

Kontrolle. NaCl 0,7%: Keine Auflösung.

III. Je 10 ccm Aq. dest. enthalten $^1/_2$ ccm Blut und 5% Alkaloid.

Pyridin (neutr.): Sofortige vollständige Auflösung.

Pyridin: 5% c. NaCl 0,7%, ebenfalls Auflösung.

Chinolin: Sofortige vollständige Auflösung.

Piperidin (neutr.): Keine Auflösung.

Morphin: Allmählich zunehmende Auflösung.

Kokain: Sehr langsam eintretende Auflösung, erst nach 2 Tagen vollendet.

Atropin: Auflösung nach etwa einem Tag vollendet.

Es ergibt sich also aus diesen Versuchen das Resultat, daß alle Alkaloide mit Ausnahme des Koffeins, Pyridins und Piperidins in 1% igen Lösungen eine Giftwirkung auf die roten Blutkörperchen ausüben. Pyridin wirkt erst zu 5% giftig. Was die Permeabilität der roten Blutscheiben für die untersuchten Alkaloide betrifft, so dringen die giftig wirkenden natürlich ein. Bezüglich des Koffeins kann über die Permeabilität nichts ausgesagt werden, da es in isotonischer Konzentration nicht in Wasser löslich ist. Daß Piperidin zu 5% keinen Farbstoffaustritt hervorruft, also nicht einzudringen scheint, steht mit den Tradeskantia- und Spirogyrenversuchen nicht in absolutem Widerspruch, wenn man mit Hamburger annimmt, daß es sehr wohl Substanzen geben könne, die in isotonischen Konzentrationen bis zu einem gewissen Maße in die Blutkörperchen einzudringen vermögen, ohne Hämoglobinaustritt zu verursachen.

Von Interesse war noch, zu beobachten, welche Substanzen den normalen Eintritt der Reduktion des O-Hämoglobins verhindern. Das Resultat war, daß, während bei der Kontrolle nach 48 Uhr reduziertes Hämoglobin nachzuweisen war, dies nicht bei Pyridin, Chinolin, Piperidin und Koffein möglich war. Dagegen war die Reduktion bei Kokain, Atropin und Morphi neingetreten.

Im Anschluß an vorstehende physikalisch-chemische Untersuchungen wurden die bisher verwendeten Alkaloide noch bezüglich ihrer Protoplasmagiftwirkung auf pflanzliche und tierische Zellen bezw. Organismen geprüft. Der Giftwirkung einiger dieser Alkaloide auf die roten Blutzellen geschah bereits am Schlusse des vorigen Abschnittes Erwähnung. Hinweisen möchte ich nur noch bezüglich dieser Untersuchungen auf einen Widerspruch, der sich zwischen meinen und Zahns Angaben bei Morphin findet. Zahn schreibt:

„Morphin, mit Kochsalz (0,6%): Blutkörperchen gut abgesetzt, kein Blutfarbstoff gelöst."

Ich habe bei mehrfach wiederholten Versuchen stets eine Auflösung der roten Blutkörperchen bei dem mit physiologischer Kochsalzlösung angestellten Versuche gesehen. Möglicherweise waren die verwendeten Morphinpräparate etwas verschieden. Doch ist dies nicht gerade wahrscheinlich, da beide von Merck bezogen waren. Näher liegend ist die Annahme eines individuellen Unterschieds in der Resistenz der Erythrocyten des Kaninchens. Ähnliche Unterschiede im Verhalten der roten Blutkörperchen verschiedener Tiere sind im gleichen Institute, wo diese Arbeit gemacht wurde, bei Kalium chloricum beobachtet worden.

Weitere vergleichende Untersuchungen wurden an einer im Enddarm des Frosches regelmäßig auffindbaren Infusorienart angestellt, der sog. Opalina ranarum, die eine lebhafte, durch einen dichten Flimmerkranz bedingte Eigen- und Lokomotionsbewegung zeigt.

Von dem Darminhalt eines Frosches wurde etwas in 1%ige Alkaloidlösungen, die mit 0,6%iger Kochsalzlösung angefertigt waren, gegeben und mehrere Stunden hindurch mit schwachem System beobachtet. Vor dem Austrocknen wurden die Präparate durch feuchte Kammer geschützt.

Pyridin (neutralis.).

nach 10 Minuten: Die Flimmerbewegung nicht mehr ganz so lebhaft wie bei Kontrolle. Deshalb der Ablauf derselben besser zu sehen, Lokomotion wie bei Kontrolle.

„ 20 „ In nichts geändert.

„ 30 „ Immer noch gut beweglich, keine weitere Verlangsammung der Flimmerung zu konstatieren.

„ 60 „ Lokomotion gegenüber Kontrolle deutlich verlangsamt, bei allen Individuen vorhanden; Flimmerung ebenfalls verlangsamt.

„ 3 Stunden: Ortsbewegung äußerst schwach, Flimmerung äußerst schwach, aber deutlich erkennbar.

Piperidin (neutralis.).

„ 10 Minuten: Anscheinend ebenso lebhafte Flimmerung und Lokomotion wie Kontrolle.

„ 30 „ Viele Individuen unbeweglich mit langsamer Flimmerung (bei einzelnen fehlt auch diese), einzelne noch gut beweglich.

„ 30 „ Nur noch wenige äußerst träge beweglich, keine gut beweglichen mehr zu sehen.

„ 60 „ Von Lokomotion und Flimmerung nichts mehr zu sehen.

Chinolin.

„ 10 „ Alle Individuen vollständig unbeweglich, Flimmern starr, anscheinend tot.

Koffein.

„ 10 „ Flimmerung und Lokomotion deutlich verlangsamt.

„ 20 „ Lokomotion fast aufgehoben, Flimmerung äußerst langsam.

„ 30 „ Nirgends mehr Lokomotion oder Flimmerung zu sehen.

Cocain. hydrochl.

nach 10 Minuten: Einzelne unbeweglich mit langsamer Flimmerung, die meisten lebhaft wimpernd und gut beweglich.

„ 20 „ In nichts geändert.

„ 30 „ Die Ortsbewegungen werden deutlich langsamer, ebenso die Flimmerung.

„ 60 „ Alle Individuen bewegungslos, Flimmerkranz starr.

Atropin. hydrochl.

„ 10 „ Lokomotion fast anfgehoben, Flimmerbewegung äußerst träg.

„ 20 „ Bei keinem Individuum mehr Ortsbewegung oder Flimmerung zu sehen.

Morphin. hydrochl.

„ 10 „ Wie Kontrolle.

„ 20 „ Lokomotion verlamgsamt, Flimmerung bei allen Individuen lebhaft.

„ 30 „ Noch mehr verlangsamt, Ablauf der Flimmerbewegung gut zu sehen.

„ 60 „ Lokomotion fast vollständig sistiert, überall noch deutliche Flimmerung.

„ 3 Stunden: Alle Opalinen vollständig unbeweglich, mit starrem Flimmerkranz.

Kontrolle.

Bewegungen von Stunde zu Stunde langsamer werdend. Nach 4 Stunden einzelne tot.

Das allgemeine Resultat ist, daß mit Ausnahme des Morphins, das anscheinend von nur geringer Giftigkeit für die Infusorien ist, alle übrigen Alkaloide die Opalinen nach längerer oder kürzerer Zeit abtöten. Dabei ist das nicht neutralisierte Chinolin zweifellos am wirksamsten, was mit dessen Basizität zusammenhängen dürfte, zumal da beobachtet wurde, daß die Pyridin- und Piperidinbasen ebenfalls in weit kürzerer Zeit ein Absterben der Opalinen bedingen als die neutralisierten Lösungen.

Pyridin ist weniger wirksam als Piperidin, Atropin wirksamer als Kokain.

Versuche an Flimmerzellen des Frosches.

Als zweckmäßigste Methode erwies sich mir, nachdem verschiedene Versuche, bei der gewöhnlichen Untersuchung im Uhrschälchen zu übereinstimmenden Resultaten zu kommen, gescheitert waren, die Untersuchung der ausgeschnittenen Rachenhautstückchen im hängenden Tropfen. Die Stückchen wurden flach auf Deckgläsern ausgebreitet, auf jedes derselben ein Tropfen einer 1%igen Alkaloidlösung gegeben und damit der hängende Tropfen angelegt. Mit stärkeren Trockensystemen ist dann — meist in größerer Ausdehnung — ein lebhaft flimmernder Saum an den Rändern der Stückchen zu sehen. Die Methode hat den Vorzug, daß eine bestimmte Stelle markiert und nach bestimmten Zeitabschnitten untersucht werden kann. Bei der oben genannten zuerst geübten Methode wird ferner durch die häufige Herausnahme aus dem Schälchen und Ausbreitung der Stückchen auf dem Objektträger der Flimmersaum mechanisch geschädigt, so daß er oft gar nicht mehr aufzufinden ist, was bei der Untersuchung im hängenden Tropfen ausgeschlossen ist.

Pyridin (neutralis.).

nach	15	Minuten:	Lebhaft flimmernd.
„	3	„	„ „
„	60	„	„ „
„	4	Stunden:	„ „
„	8	„	Lebhaft flimmernd, keine Verlangsamung gegenüber Kontrolle wahrzunehmen.
„	24	„	Noch überall deutliche Flimmerung.

Piperidin (neutralis.).

„	15	Minuten:	Lebhaft flimmernd.
„	30	„	„ „
„	60	„	„ „
„	4	Stunden:	„ „
„	4	„	Einzelne Stellen anscheinend unbeweglich, der größte Teil des Saumes lebhaft flimmernd.
„	24	„	Langsame Flimmerung an einzelnen Stellen des Saumes.

Chinolin.

nach 15 Minuten: Flimmerung deutlich verlangsamt, aber immer noch lebhaft.

„ 30 „ Flimmerung noch mehr verlangsamt, an einzelnen Stellen unbewegliche starre Wimpern.

„ 60 „ Der Ablauf der Flimmerbewegung in Form einer Welle mit großer Deutlichkeit zu sehen.

„ 4 Stunden: Überall starre Wimpern, nirgends mehr Flimmerung.

Coffein.

„ 15 Minuten: Flimmersaum vollständig starr und unbeweglich.

Cocain. hydrochl.

„ 15 „ Lebhafte Flimmerung.

„ 30 „ An einzelnen Stellen unbeweglicher Wimpersaum, die meisten Stellen langsam flimmernd.

„ 60 „ Nur noch an wenigen Stellen Flimmerung zu sehen.

„ 4 Stunden: Nirgends mehr Flimmerung.

Atropin. hydrochl.

„ 10 Minuten: Lebhaft flimmernd.

„ 30 „ Die Exkursionen der Bewegung sind kleiner, mehr zitternd, aber lebhaft.

„ 60 „ Wir vor 30 Minuten.

„ 4 Stunden: Der Flimmersaum überall starr und unbeweglich.

Morphin. hydrochl.

„ 10 Minuten: Lebhaft flimmernd.

„ 30 „ „ „

„ 60 „ „ „

„ 4 Stunden: „ „

„ 8 „ Der ganze Saum noch lebhaft flimmernd, keine Verlangsamung gegenüber der Kontrolle wahrzunehmen.

Kontrolle.

„ 8 „ Lebhafte Flimmerung.

Das auffallendste Resultat dieser Versuche ist die starke Giftwirkung des Koffeins, das eine spezifische Affinität zu den Flimmerzellen zu haben scheint, ähnlich wie dies für die Muskelfaser bekannt ist.

Ganz unwirksam scheint Pyridin, Piperidin und Morphin zu sein, alle übrigen wirken nach einigen Stunden lähmend auf die Flimmerzellen ein.

Versuche an Bakterien.

Bei diesen Versuchen wurde lediglich die wachstumhemmende Wirkung der Alkaloide auf Bakterien geprüft. Als Versuchsobjekte dienten Staphylococcus pyogenes aureus und Bact. pyocyaneum. Von Nährböden wurde der feste dem flüssigen vorgezogen, da er einerseits eine bessere Abstufung in der Wirkung der betreffenden Substanz erkennen läßt und andererseits fremdes Bakterienwachstum, wie es bei der bezüglich Sterilität nicht absolut einwandfreien Herstellung der Alkaloidnährlösungen möglich ist, sofort als solches zu unterscheiden und auszuschließen ermöglicht.

Im einzelnen war die Anordnung der Versuche folgende:

Aus den 10%igen Stammlösungen wurden mit sterilen Pipetten bestimmte Mengen in die entsprechenden Mengen verflüssigter Nährgelatine gegeben, so daß je 2 ccm derselben einen genau bekannten Prozentgehalt an festem Alkaloid enthielten. Die Pyridin- und Piperidinnährlösungen wurden aus den unverdünnten Basen hergestellt, Koffein und Morphin in abgewogener Menge direkt der Gelatine zugefügt.

Von diesen 2 ccm wurde je einer etwa in der Größe eines Dreimarkstückes in eine Petri-Schale ausgegossen und nach dem Erstarren mit je 5 Tupfimpfungen von Staphylokokkus und Bact. pyocyan. versehen. Nach mehrtägiger Bebrütung im Thermostaten bei 22° C. wurden die Kolonien bezüglich ihrer Größe mit denen der Kontrolle verglichen. Um die vielen, infolge des verschiedenen Verdünnungsgrades der Gelatine notwendigen Kontrollaussaaten zu sparen, wurden einige Kontrollversuche mit verschieden verdünnter Gelatine angestellt, deren Resultate gleich auf der nächsten Seite Platz finden mögen.

(Größe der Kolonien in mm)

		Wasserzusatz	10 %	30 %	50 %
Pyocyan.	Beobacht. n. 1. Tag		eben sichtbar	eben sichtbar	eben sichtbar
	„ „ 2. „		1—2	1—2	1—3
	„ „ 3. „		3—4	3—5	3—5
	„ „ 4. „		5—7	6—10	5—8
Staphylokokk.	Beobacht. „ 1. „		0	0	0
	„ „ 2. „		„ stecknadelkopfgr.	stecknadelkopfgr.	stecknadelkopfgr.
	„ „ 3. „		2—3	3—4	2—4
	„ „ 4. „		5—6	10—12	10—12

Aus diesen Vorversuchen ist also zu ersehen, daß der Verdünnungsgrad der Gelatine keine Rolle für die Größe der Kolonien spielt, jedenfalls keine Abnahme ihrer Größe erzeugt.

Die Abkürzungen P. und St. bedeuten Bact. pyocyan. und Staphylococc. pyog. aur. Die Zahlen geben die ungefähre Größe der Kolonien in mm.

	Alkaloidgehalt der Gelatine:		Größe der Kolonien nach 3 Tagen	nach 4 Tagen
Pyridin (neutr.):	P.	10 %	0	0
		5 %	0	1
	St.	10 %	0	0
		5 %	0	stecknadelkopfgr.
Chinolin:	P.	2 %	eben sichtbar	. . . ebenso
		1 %	stecknadelkopfgr.	. ebenso
		0,5 %	1	2
	St.	2 %	0	eben sichtbar
		1 %	0	„ „
		0,5 %	0	stecknadelkopfgr.
Piperidin (neutr.):	P.	10 %	0	6
		5 %	8	10
	St.	10 %	0	0
		5 %	stecknadelkopfgr.	1
Cocain. hydrochl.:	P.	5 %	0	0
		4 %	0	0
		3 %	0	0
		2 %	3	5
		1 %	6	8
	St.	5 %	0	0
		4 %	0	0
		3 %	0	0
		2 %	0	0
		1 %	stecknadelkopfgr.	stecknadelkopfgr.
Atropin. hydrochl.:	P.	2 %	0	0
		1 %	5	8
	St.	2 %	0	0
		1 %	eben sichtbar	stecknadelkopfgr.
Morphin. hydrochl.	P.	3 %	stecknadelgr.	1
		2 %	4	5
		1 %	10	10
	St.	3 %	0	0
		2 %	0	0
		1 %	stecknadelkopfgr.	1
Koffein:	P.	1 %	1	2
	St.	1 %	eben sichtbar	eben sichtbar

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß alle die untersuchten Alkaloide erst in höheren Konzentrationen absolut entwicklungshemmend wirken. Bei Vergleichen ähnlich konstituierter zeigt sich, daß Piperidin weniger wirksam als Pyridin ist, Kokain und Atropin annähernd gleichwertig sind, Morphin nur einen geringen, Koffein dagegen einen ziemlich intensiven wachstumhemmenden Einfluß ausübt.

Vergleicht man die Versuchsobjekte Staphylokokkus und Pyocyaneus in ihrer Resistenz gegen die Entwicklungshemmung, so zeigt sich der Pyocyaneus widerstandsfähiger als der Staphylokokkus.

Versuche mit Fäulnisbakterien.

Muskelstückchen wurden im Bodenstaub gewälzt, sodann in die Giftlösungen von bestimmter Konzentration gegeben und bei 37° bebrütet. Hatte Entwicklung von Fäulnisbakterien stattgefunden, so mußte der bekannte widerliche Geruch faulenden Fleisches auftreten.

Alkaloid in Lösung:	5%	1%	0,1%
Pyridin:	riecht nicht	riecht schwach	stinkt
Piperidin:	riecht nicht	riecht	—
Chinolin:	riecht nicht	riecht nicht	riecht nicht
Kokain:	riecht nicht	riecht	stinkt
Atropin:	riecht nicht	riecht	—
Morphin:	riecht nicht	riecht	—
Koffein:	—	riecht nicht	stinkt.

Die Resultate dieser Versuche ergeben im allgemeinen eine gute Übereinstimmung mit den vorstehenden Bakterienversuchen, indem sie zeigen, daß die meisten der untersuchten Alkaloide erst in 5%iger Lösung das Wachstum der Fäulnisbakterien verhindern. Auch hier scheint das Piperidin weniger wirksam als das Pyridin zu sein. Intensiv wirkt das Chinolin und das Koffein.

Versuche an Hefezellen.

Bei diesen Versuchen wurde der gärungshemmende bezw. aufhebende Einfluß der Alkaloide auf die Hefezellen untersucht. Da nun aber erfahrungsgemäß die Stärke der Vergärung außerordentlich wenig von der Zahl der Hefezellen abhängt, war es

notwendig, die Substanzen vor der Konstatierung des Grades der Vergärung so lange auf die Hefezellen einwirken zu lassen, daß voraussichtlich alle Zellen von diesem Einfluß betroffen waren.

Die Versuchsanordnung war daher folgende: In einer ersten Reihe enthielten je 9 ccm Hefeaufschwemmung — zur Verwendung kam die gewöhnliche Preßhefe der Bäcker — 0,1 g Alkaloid (etwas mehr als 1%) in Lösung. In einer zweiten Reihe enthielten je 10 ccm Hefeemulsion 0,5 g Alkaloid in Lösung. Die Röhrchen beider Reihen wurden je 6 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Danach zu jedem 1 ccm einer 10%igen Traubenzuckerlösung hinzugefügt und sofort in die Gärungsröhrchen abgefüllt. Nach 24stündigem Aufenthalt derselben im Brutschrank von 37° C wurde das Resultat festgestellt.

\+ = Gasbildung.
— = Keine Gasbildung.
± = Verminderte Gasbildung.

		I.	II.
Pyridin	ca.:	1% +	5% —
Piperidin	„	1% +	5% —
Chinolin	„	1% —	
Koffein	„	1% +	
Coc. hydr.	„	1% +	5% —
Atrop. hydr.	ca.	1% +	5% —
Morph. hydr.	ca.	1% +	5% ±

Auch bei diesen Versuchen erweist sich Morphin so gut wie unwirksam, alle übrigen heben erst zu 5% die diastatische Eigenschaft der Hefezellen auf.

Versuche an isolierten Muskeln des Frosches.

Um die Erregbarkeit des Muskels vom Nerven aus auszuschalten, erhielt der Frosch eine Injektion von Kurare, das bekanntlich die motorische Nervenendplatte lähmt. Wäre dies nicht geschehen, so hätte sich nicht ohne weiteres entscheiden lassen, ob die durch ein Alkaloid hervorgerufene Erregbarkeitsabnahme einer Schädigung des Nerven, des Muskels oder beider zusammen zuzuschreiben war. Als zweckmäßige Dosis, die

eben den Nerven lähmt und den Muskel nur wenig in seiner Erregbarkeit herabsetzt, wurde 0,1 mg ermittelt.

Von dem so vorbereiteten Frosche wurden die Muskeln beider Beine sorgfältig lospräpariert und von den korrespondierenden der eine in die Alkaloidkochsalzlösung, der andere in die Kontrollkochsalzlösung gelegt. Nach bestimmten Zeitabschnitten wurden beide mit dem Schlitteninduktionsapparat gereizt und dabei der Rollenabstand bestimmt, bei dem eben Zuckung auftrat. Die Differenz zwischen dem Rollenabstand des vergifteten Muskels und dem seines zugehörigen Kontrollmuskels ergab dann ein anschauliches Maß für die Größe der Wirkung der betreffenden Substanz.

Die in Klammer gesetzte Zahl bedeutet den Rollenabstand, bei dem der zugehörige Kontrollmuskel eben Zuckung zeigt. D = Rollenabstandsdifferenz. 0 = nicht mehr erregbar. Die Lösungen enthalten 1 % Alkaloid in Substanz und 0,7 % NaCl.

	Rollenabstand nach				
	15 Min.	30 Min.	1 Std.	2 Std.	4 Std.
Neutralis. Pyridin:	15 (15) D = 0	13 (15) D = 2	11 (15) D = 4	3 (15) D = 12	0 (15) D = 15
Neutralis. Piperidin:	12 (12) D = 0	12 (12) D = 0	9 (12) D = 3	4 (12) D = 7	10 (12) D = 2
Cocain. hydr.:	5 (14) D = 9	0 (14) D = 14			
Atropin. hydr.:	15 (15) D = 0	7 (13) D = 6	6 (13) D = 7	3 (11) D = 8	0 (11) D = 11
Morphin. hydr.:	12 (12) D = 0	10 (12) D = 2	8 (12) D = 4	5 (10) D = 5	2 (10) D = 8

Chinolin und Koffein sind in der Tabelle nicht untergebracht, da beide in 1 %igen Lösungen den Muskeln innerhalb kurzer Zeit (ca. 5 Min.) zur Gerinnung, die sich schon makroskopisch durch Derbheit und trübes Aussehen charakterisiert, bringen, so daß nach dieser Zeit mit den stärksten Strömen keine Zuckung mehr erzeugt werden kann.

Versuche am Nervus ischiadicus des Frosches.

Nach Zerstörung des Gehirns des Frosches wurden die beiden Nervi ischiadici oben unter Fortnahme des Steiß- und Kreuzbeines bis zur Einmündungsstelle ins Rückenmark, unten bis zum Eintritt in die Mm. gastrocnemii freipräpariert und die

beiden Oberschenkel mit allen Weichteilen oben und unten abgeschnitten, sodaß die Unterschenkel nur durch die Ischiadici mit dem Rumpf in Verbindung standen. Es war nun ein hinreichend langes Stück Nerv vorhanden, das sich bequem in schmale Schälchen bringen ließ, und zwar der Nerv des einen Beines in die zu untersuchende Alkaloidlösung, der andere als Kontrollpräparat in physiologische Kochsalzlösung.

Bei der Reizung wurde darauf gesehen, immer möglichst an derselben Stelle zu reizen, da die Erregbarkeit, die ja bekanntlich ohnedies je nach dem Grade der Temperatur, Austrocknung etc. außerordentlichen Schwankungen unterliegt, auch nach dem Orte der Reizeinwirkung sehr wechselt.

Als Lösungen wurden 5%ige angewendet, da bei den dichten Hüllen, die die Achsenzylinder umgeben, von 1%igen keine genügende Wirkung erwartet werden durfte.

Ebenso wie bei den Muskelversuchen wurde mittels des faradischen Stromes gereizt und der Rollenabstand bestimmt, bei dem eben Zuckung erfolgte.

Die in Klammern gesetzten Zahlen bedeuten den Rollenabstand der minimalen Kontrollmuskelzuckung. 0 = nicht mehr erregbar.

	Rollenabstand nach						
	15 Min.	30 Min.	45 Min.	60 Min.	90 Min.	150 Min.	5 Std.
Neutr. Pyridin:	8	5	4	4	3	0	
	(20)	(25)	(25)	(30)	(30)	(28)	
Neutr. Piperidin:	24	14	15	18	15	15	
	(30)	(25)	(25)	(30)	(28)	(25)	
	noch nach 20 Std. mit stärkst. Str. erregb.						
	15 Min.	30 Min.	45 Min.	60 Min.	90 Min.	150 Min.	5 Std.
Chinolin:	8	6	6	6	6	5	1
	(30)	(30)	(28)	(28)	(28)	(28)	(23)
Koffein:	22	22	19	15	13	6	0
	(30)	(28)	(25)	(25)	(27)	(23)	(20)
Cocain. hydrochl.:	10	8	8	6	4	0	
	(30)	(28)	(25)	(30)	(28)	(25)	
Atropin. hydrochl.:	19	16	14	13	5	0	
	(20)	(20)	(21)	(21)	(22)	(23)	
Morphin. hydrochl.:	22	21	21	24	21	10	3
	(28)	(25)	(25)	(27)	(27)	(23)	(20)

Von besonderem Interesse ist das gänzliche Fehlen einer Wirkung bei Piperidin, das aus theoretischen Gründen viel mit dem Pyridin verglichen wurde. Piperidin ist Hexahydropyridin,

und Loew glaubte aus einigen Literaturangaben den allgemeinen Schluß ableiten zu dürfen, daß die hydrierten Körper des Pyridins und Chinolins (Piperidin und Hychrochinolin) giftiger seien als die nicht hydrierten, eine Hypothese, die sich in dieser Allgemeinheit nicht aufrecht erhalten läßt. Insbesondere hat Heinz durch seine vergleichenden Untersuchungen über diese einfachsten Alkaloide zur Klärung dieser Frage beigetragen. Nach ihm wirken die beiden ungefähr gleichartig auf Tiere ein: sie verursachen zentrale Lähmung, setzen die Erregbarkeit der motorischen Nervenendapparate herab, die Muskelsubstanz werde langsam von ihnen angegriffen. Pyridin wirke aber energischer als Piperidin, von dem im Tierversuch zu gleich starker Lähmung doppelte Dosen nötig seien. Kunkel konnte die Angaben von Heinz bestätigen. Auch die Versuche dieser Arbeit bezüglich der Giftwirkung der beiden Alkaloide bei direkter Applikation auf Muskeln und Nerven erweisen die geringere Giftigkeit des Piperidins.

Zu zeigen, wie gefährlich es ist, solche allgemeine Gesetze wie das oben genannte aufzustellen, mögen diese Untersuchungen ein wenig beitragen. Auffallend ist z. B. die geringe Wirkung des Piperidins gegenüber dem Pyridin bei den Blutkörperchenversuchen. Ebenso tritt sie bei den Bakterien und Fäulnisversuchen, wenn auch nicht so eklatant, hervor. Andererseits erweisen die Opalinen- und vielleicht auch die Froschflimmerzellenversuche die größere Giftigkeit des Piperidins und zeigen so, daß es sehr wohl Protoplasmaarten geben kann, die eine spezifische Affinität zu einem im allgemeinen wenig giftigen Körper besitzen, so daß dieser zu einem für sie exquisit giftigen wird.

Vorstehende Arbeit wurde im pharmakologisch-poliklinischen Institut der kgl. Universität Erlangen angefertigt. Dem Direktor desselben, Herrn Prof. Dr. Penzoldt sei für die Überlassung des Materials, Herrn Privatdozenten Dr. Heinz für seine gütige Unterstützung bei Ausführung der Versuche mein verbindlichster Dank ausgesprochen.

Berücksichtigte Literatur.

H. J. Hamburger, Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medizinischen Wissenschaften. Wiesbaden 1902.
R. Heinz, Einige neuere Aufgaben der Pharmakologie. Erlangen und Leipzig 1901.
— —, Virchows Archiv 122, 116. 1890.
H. Koeppe, Physikalische Chemie in der Medizin. Wien 1900.
H. Krauss, Inaugural-Dissertation. Erlangen 1901.
A. J. Kunkel, Handbuch der Toxikologie. Jena 1901.
O. Loew, Ein natürliches System der Giftwirkungen. München 1893.
E. Overton, Studien über die Narkose.
— —, Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 41, 383. 1896.
— —, Zeitschrift für physikalische Chemie. 17, 164. 1895.
H. de Vries, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. 14, 427. 1884.
H. Zahn, Inaugural-Dissertation. Erlangen 1901.

Bemerkungen über eine neue Seuche der Hühnervögel (lombardische Hühnerpest).

Von Werner Rosenthal.

Aus dem hygienischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 15. Juni 1903 mit Demonstration zweier bogengangskranker Tauben.

Die beiden Tauben, die ich Ihnen nachher demonstrieren werde, zeigen Abweichungen vom normalen Verhalten, welche sich auf Störungen in der Funktion des Labyrinths, der Bogengänge zurückführen lassen. Diese Störungen sind nicht die Folge einer Verletzung, sondern haben sich entwickelt infolge der Infektion mit einem Virus, das von einer Hühnerepizootie stammt. Diese Hühnerkrankheit aber ist nicht nur durch diese Eigentümlichkeit, bei Tauben öfters so spezifische und lokalisierte Störungen hervorzurufen, sondern auch in anderer Hinsicht interessant.

In den letzten Jahren sind in Italien und Deutschland wiederholt verheerende Seuchen unter den Hühnern beobachtet worden, die zunächst wie Geflügelcholera erschienen, aber von dieser zu unterscheiden sind: denn erstens ist es bisher nicht gelungen, den Erreger weder färberisch noch kulturell zu Gesicht zu bekommen, während der Erreger der Geflügelcholera auf beiden Wegen leicht darzustellen ist, und zweitens läßt sich die Krankheit weder auf Mäuse noch auf erwachsene Tauben übertragen, die beide der Geflügelcholera sicher zum Opfer fallen.

Das sind aber nur zwei negative Merkmale, die beweisen, daß Geflügelcholera nicht vorliegt. Die neue Seuche zu charakterisieren und festzustellen ist bisher außerordentlich schwer: der klinische Verlauf ist der gleiche wie bei allen schweren Septichämien

der Hühner und je nach der Virulenz und Menge des Virus verschieden, der anatomische Befund scheint außerordentlich vielgestaltig sein zu können, ist aber bei den fulminantesten Fällen, mit Tod innerhalb 48 Stunden, oft ganz negativ; endlich der bakteriologische Befund bietet ebenfalls keine Hilfe, da er ganz negativ sein kann; sehr häufig aber führt er in die Irre, da bei den Fällen mit langdauernder Agone Bakterienbefunde im Knochenmark oder anderen Organen sogar die Regel zu sein scheinen, ohne daß diese Bakterien eine ursächliche Bedeutung haben.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß eine ganze Anzahl von Untersuchern den Erreger der von ihnen untersuchten Epizootie gefunden haben wollen, ohne daß bisher ein solcher Befund je bestätigt wurde; es ist aber natürlich auch nicht auszuschließen, daß an verschiedenen Orten verschiedene Seuchen unter den Hühnern aufgetreten sind. Desto größer ist das Bedürfnis nach Kennzeichen der „neuen Seuche".

Da gebührt nun Centanni in Ferrara das Verdienst, auf zwei Merkmale dieses Virus hingewiesen zu haben, die zur Identifikation der Seuche gebraucht werden können.

Erstens nämlich läßt sich das Virus im verdünnten Serum oder Organsaft durch bakteriendichte Filterkerzen filtrieren und findet sich dann im wasserklaren und, bei allen üblichen Proben, anscheinend keimfreien Filtrat; eine Eigenschaft desselben, die, so wunderbar sie ist, seit der Untersuchung von Löffler und Frosch über die Maul- und Klauenseuche nicht mehr unerhört ist. Sie wurde unabhängig von Centanni noch in zwei Instituten festgestellt; auch bei der in der Umgebung Erlangens im April dieses Jahres aufgetretenen Hühnerseuche fand ich, daß keimfreie Filtrate der zerriebenen Leber höchst virulent waren. Daß es sich dabei nicht nur um ein Toxin, sondern um das vermehrungsfähige Virus handelt, das die Filter passiert, haben die früheren Autoren dadurch nachgewiesen, daß sich von einem nach Injektion eines solchen Filtrates eingegangenen Tier durch Übertragung von geringsten Mengen Blut ein zweites, von diesem ebenso ein drittes Tier und so fort infizieren lassen, so daß das ursprüngliche Virus, wäre es nicht reproduziert worden, in ganz ungeheuerlicher Weise verdünnt noch wirksam sein müßte, was es aber in Kontrollversuchen nicht war. Auch

mir ist bisher die wiederholte Übertragung durch Filtrate gelungen.

Praktisch aber ist dieser Versuch nur wenig verwertbar, da er nur in einem wohleingerichteten bakteriologischen Laboratorium angestellt werden kann und viel Zeit und Arbeit erfordert. Ebenfalls Centanni aber hat darauf hingewiesen, daß die Infektion bei jungen Tauben ganz spezifische Erscheinungen hervorrufen kann.

Die Empfänglichkeit der jungen Tauben ist außerordentlich verschieden; manche zeigen nach Einimpfen des Virus anscheinend gar keine Krankheitszeichen, andere erkranken unter Allgemeinsymptomen, wie gesträubtes Gefieder, Schlafsucht, Mangel der Freßlust, erholen sich aber nach einigen Tagen wieder; noch andere gehen unter den genannten Symptomen nach einer Woche oder noch später zu Grunde, ähnlich wie Hühner, die mit sehr abgeschwächtem Virus geimpft wurden. Mir ist sogar eine mit einem kranken Huhn zusammengesperrte junge Taube spontan erkrankt und eingegangen.

Bei solchen Tauben, die sich wieder erholten, hat Centanni nun wochenlang andauernde Stellungsanomalien und Zwangsbewegungen beobachtet, wie sie durch Verletzungen der Bogengänge ausgelöst werden, und er konnte bei diesen Tieren dann an Schnitten durch das Labyrinth Reste von entzündlichen Vorgängen in der Gestalt mehr oder minder zellreicher Narben teils im Innern der häutigen Bogengänge, teils zwischen den knöchernen und häutigen Halbzirkelkanälen nachweisen.

Ich habe nun ebenfalls bei einigen jungen Tauben durch Verimpfung des durch Berkefeldfilter filtrierten Lebersaftes von eingegangenen Hühnern ähnliche Symptome hervorrufen können: freilich nicht ohne weiteres auffallende, sondern die Tauben machten einen ganz gesunden Eindruck oder zeigten nur allgemeine Krankheitszeichen. Wenn man ihnen aber den Kopf verhüllte, so daß sie nicht sehen konnten, so zeigten sich Anomalien: gesunde Tauben halten, wenn man sie mit verbundenen Augen in der Hand hin und her dreht, den Kopf in gewissem Grade in seiner Stellung im Raume fest oder aber, bei extremen Wendungen des Körpers, in relativ normaler Haltung zum Rumpfe. Diese kranken Tauben aber zeigten das Phänomen, daß sie unter solchen Umständen den Kopf nach

der einen oder nach allen Richtungen hin der Schwere nach fallen und herunterhängen ließen, bis etwa bei weiterer Wendung des Rumpfes die Spannung in der Halsmuskulatur zu groß wurde und sie nun den Kopf wieder in normale Lage zum Rumpf brachten: eine Erscheinung, die anscheinend durch den Ausfall der normalerweise von den Bogengängen ausgehenden Empfindungen, durch welche die gesunde Taube auch bei geschlossenen Augen über die Lage ihres Kopfes orientiert bleibt, hervorgerufen wird.

Ich besaß drei zu gleicher Zeit infizierte Tauben, an denen diese Ausfallserscheinung deutlich war. Zwei von diesen zeigten zugleich auch Symptome einer Allgemein- und einer Darmerkrankung, die dritte erschien im übrigen ganz normal. Eine von diesen Tauben ging vier Wochen nach der Impfung an Darmgeschwüren ein, bei den beiden anderen sind die oben geschilderten Ausfallserscheinungen innerhalb der letzten Woche sehr im Rückgang; auch das Allgemeinbefinden der früher deutlich kranken hat sich gebessert, so daß sie sich jetzt nur noch wenig von einer gesunden unterscheidet.

Dafür ist aber ein anderes Symptom der Bogengangserkrankung deutlich geworden, das bisher nicht mit solcher Regelmäßigkeit zu beobachten war, vermutlich weil die Erkrankung zu diffus sich über den ganzen Apparat erstreckte, während jetzt vielleicht Vernarbung eintritt. Wenn man nämlich die Tauben mit einer Lederkappe über dem Kopf in die Luft wirft, so zeigen sie Kreisflug, und zwar die eine immer nach rechts, die andere immer nach links; auch wenn sie dann auf den Boden fallen, so trippeln sie dort meist noch in demselben Sinne sich drehend herum. Eine gesunde Taube fliegt unter denselben Umständen meist gerade aus und zeigt keinesfalls immer die Drehung nach derselben Seite.

Histiologische Untersuchungen über die anatomischen Grundlagen dieser Störungen habe ich noch nicht angestellt, doch werde ich die erkrankten Tiere daraufhin verarbeiten. Auch bei Hühnern kommen vor dem Eingehen Kopfstellungen und -bewegungen vor, die auf Störungen der Gleichgewichtsorgane hinweisen, doch ist bei diesen Tieren dann der Krankheitszustand schon zu schwer und der Verfall schreitet zu rasch vor, als daß sich genauere Beobachtungen anstellen ließen.

Meines Erachtens sind diese eigentümlichen Erkrankungen junger Tauben auch geeignet, als diagnostisches Hilfsmittel zur Feststellung der Hühnerseuche zu dienen. Wenn man nämlich möglichst frisches Material von eingegangenen Hühnern unter aseptischen Kautelen auf eine junge Taube verimpft, so wird, falls Hühnercholera vorliegt, diese schon am dritten Tag etwa eingehen: durch mikroskopischen Nachweis des Bact. avicidum im Blut oder auch durch Kultur desselben, wozu man auch fern von einem Laboratorium inzwischen das nötigste herrichten kann, ist dann die Diagnose leicht zu sichern.

Falls aber die Taube gar nicht oder erst nach einigen Tagen erkrankt, dann liegt der Verdacht auf die neue Seuche vor, und man kann nun sich eine kleine Lederkappe fertigen und die oben geschilderten Versuche über die Funktion der Bogengänge anstellen; wenn sich dann, im Vergleich zu einer normalen jungen Taube, irgend deutliche Anomalien zeigen, so handelt es sich höchst wahrscheinlich um die neue, von Centanni studierte Seuche.

Zum Schlusse, meine Herren, zeige ich Ihnen nun diese drei durch Lederhauben geblendeten jungen Tauben. Zunächst führe ich Ihnen eine ungeimpfte vor. Wenn ich diese oder die geimpften in der Hand hin und her wende, so sehen Sie keine wesentlichen Unterschiede zwischen denselben. Bei diesen Versuchen muß man sich übrigens hüten, gewisse auffallende Stellungen, in die man die Tauben bringen kann und in denen sie dann auch nach langsamer Entfernung jedes Zwanges verharren, für Symptome besonderer Störungen zu halten: diese „wächserne Beweglichkeit“ gehört augenscheinlich in das Gebiet der sog. Hypnose bei Tieren, wie Sie daraus ersehen, daß auf ein lautes Wort hin das Tier „aufwacht“ und sofort wieder normale Haltung annimmt. Geblendete Vögel sind viel leichter in diese „Hypnose“ zu versetzen als sehende und kranke vielleicht noch mehr als gesunde.

Nun lasse ich zunächst die gesunde Taube von der Höhe des Podiums aus durch den Saal fliegen. Sie sehen, sie fliegt ganz gerade aus, und auch wenn ich ihr beim Wurf in die Luft eine gewisse Drehung nach rechts oder links erteile, so korrigiert sie diese rasch und fliegt dann gerade aus, bis sie gegen die Wand stößt. Diese noch etwas kränkelnde dagegen,

die übrigens, wie Sie sehen, durchaus kräftig genug zum Fliegen ist, beschreibt jedesmal, wie ich sie auch in die Luft werfe, einen größeren oder kleineren Kreisbogen nach rechts, ehe sie auf den Boden fällt: diesmal hat sie sich sogar zweimal in einem winzigen Kreis um eine vertikale Achse gedreht, ehe sie auf die Bank fiel — wie sie sich dann auf dem Boden benimmt, können wir hier leider nicht beobachten.

In der an den Vortrag sich anschließenden Diskussion bemerkte Herr Bezirkstierarzt Vogg (der der Sitzung als Gast beiwohnte), daß er die Meinung der Autoren über die „neue Hühnerseuche", dieselbe sei erst ganz neuerdings aus Italien nach Deutschland eingeschleppt worden und habe 1901 zum erstenmal in Deutschland weitere Verbreitung gewonnen, nicht teilen könne. Denn langjährige Erfahrung habe vielen praktischen Tierärzten, die nicht die Gelegenheit zu bakteriologischen Untersuchungen hätten, und auch ihm gelehrt, daß es zwei Arten von Geflügelpest gebe; im Einzelfall seien sie nicht zu unterscheiden, aber die eine Seuche ergreife alle Arten von Nutzgeflügel — das ist die Hühnercholera, die andere Seuche befalle ausschließlich nur die Hühner und verschone Tauben, Gänse und Enten, auch wenn sie in engster Gemeinschaft mit den Hühnern gehalten werden — das war vermutlich schon immer die „neue Seuche", auf die sich nun neuerdings die besondere Aufmerksamkeit der Bakteriologen und der Regierungen gerichtet habe.

Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metallverbindungen und damit zusammenhängende Erscheinungen.[1]

Von A. Wehnelt.

Aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.

Eingegangen am 18. Dezember 1903.

In zwei früheren Mitteilungen[2]) habe ich die Eigenschaften der sehr weichen Kathodenstrahlen besprochen, welche an glühenden Elektroden auftreten. In der vorliegenden Notiz soll die Erzeugungsart dieser Strahlen mitgeteilt und vor allem die Abhängigkeit der aus glühenden Elektroden austretenden Elektrizitätsmengen von der Temperatur behandelt werden.

Erhitzt man einen sorgfältig mit HNO_3 und destilliertem Wasser (nicht mit Alkalien) gereinigten und im Gebläse ausgeglühten Platindraht im Vakuum, so tritt, wie Cunningham[3]) gezeigt, bei Temperaturen über 1500° C. ein starkes Sinken des Kathodenfalles ein. Ist der Draht nicht sehr sorgfältig gereinigt, so tritt nach meinen Versuchen häufig bereits bei Temperaturen von ca. 800° C. ein starkes Sinken des Kathodenfalles ein, wobei von einer oder mehr Stellen des Drahtes die bereits von mir behandelten weichen Kathodenstrahlen ausgehen.

---

[1]) Auszug aus einer später in den Annalen der Physik erscheinenden Arbeit.

[2]) A. Wehnelt, Verhandl. d. D. physik. Ges. V, p. 255—258, und p. 423—426, 1903.

[3]) Cunningham, Phil. Mag. 4 (Serie 6), p. 684—703, 1902.

Ich habe geprüft, durch welche Körper dieser anormal niedrige Kathodenfall hervorgerufen wird, und gefunden, daß eine ganze Reihe von Metallverbindungen in dieser Beziehung wirksam sind. Die Metalle wurden meist als Oxyde, entstanden durch Erhitzung der Nitrate auf einem 0,5 mm starken Platindraht, häufig jedoch auch als Chloride, Hydroxyde, Sulfate und Fluoride untersucht, wobei zunächst noch dahingestellt sein mag, ob nicht in einzelnen Fällen die auf den Draht aufgetragenen Verbindungen sich bei der hohen Temperatur in Oxyde verwandeln.

In der ersten Spalte der Tabelle I stehen diejenigen Metalle, bei deren Verbindungen ich bisher eine Erniedrigung des Kathodenfalles unterhalb von 1000° C. wahrnehmen konnte, in der zweiten Spalte diejenigen, bei denen ich bisher nicht mit Sicherheit ein Sinken des Kathodenfalles bei der gleichen Temperatur beobachten konnte.

Der Platindraht, auf den die zu untersuchenden Metallverbindungen aufgetragen waren, wurde durch einige Akkumulatoren zur Glut gebracht. Die Bestimmung der Temperatur dieses Drahtes geschah durch Bestimmung seines Widerstandes aus einer Strom- und Spannungsmessung. Die Stärke des Heizstromes wurde mit einem Präzisionsamperemeter gemessen. Die Spannung wurde nicht an den Enden des Drahtes gemessen, sondern zwischen zwei hinreichend von den Enden entfernten Punkten, an denen sicher die Maximaltemperatur herrschte, da ich mich durch Versuche überzeugt hatte, daß durch Nichtberücksichtigung der Abkühlung der Drahtenden durch die starken Zuleitungsdrähte bei höheren Temperaturen Fehler von mehreren 100° C. entstehen können. Die Beziehung zwischen Widerstand und Temperatur des benutzten Drahtes wurde in einem elektrischen Ofen bis 1200° C. festgestellt. Die Temperaturen wurden so bis auf ca. 10° genau bestimmt. Wurde ein und derselbe Draht sehr viel benutzt, so änderte sich sein Querschnitt infolge von Zerstäubung und dadurch auch die ursprüngliche Aichung, es mußte daher von Zeit zu Zeit ein neuer Draht benutzt werden. Bemerkt sei noch, daß bei einem Draht, der während 3 Wochen fortdauernd zu Versuchen gedient hatte, bei einer Nachprüfung sich ein Fehler von noch nicht 100° ergab.

Tabelle I.

Anormal niedrigen Kathodenfall zeigten unter 1000° C.	Keine wesentliche Änderung des normalen Kathodenfalles unter 1000° C. zeigten
A. Alkalimetalle:	
Kalium	Lithium
Natrium	
B. Erdalkalimetalle:	
Calcium	
Baryum	
Strontium	
C. Magnesiumgruppe:	
Magnesium	Zink
	Kadmium
	Quecksilber
D. Erdmetalle:	
Aluminium	Thallium
Lanthan	Zirkon
Yttrium	Cer
	Thor
E. Eisengruppe:	
Mangan	Eisen
	Nickel
	Kobalt
	Chrom
	Uran
F. Zinngruppe:	
	Blei
	Silber
	Kupfer.

Eine eingehendere Untersuchung der verschiedensten Verbindungen der einzelnen Metalle, die ich in Kürze veröffentlichen werde, dürfte die Zahl der Metalle, die in ihren Verbindungen einen so anormal niedrigen Kathodenfall besitzen, noch erhöhen.

Beziehung zwischen Kathodenfall einerseits, Stromstärke, Temperatur und Druck andererseits.

Die für die Beziehungen zwischen diesen Größen erhaltenen Resultate seien hier nur für Calcium- und Baryumoxyd mitgeteilt, bei anderen Substanzen sind sie ganz analog.

Zu den Versuchen wurde der mit dem zu untersuchenden Oxyde überzogene Platindraht als Kathode in ein Entladungs-

rohr gebracht. Eine Sonde, verbunden mit einem Warburgschen Elektrometer, gestattete den Kathodenfall zu messen. Als Stromquelle diente eine Hochspannungsbatterie. Zum Erhitzen des Drahtes diente eine Akkumulatorenbatterie. Die Temperatur des Drahtes wurde, wie erwähnt, aus dem Widerstande desselben ermittelt.

Aus den gefundenen Zahlen und den nach ihnen konstruierten Kurven ergeben sich folgende Resultate.

1. Steigert man bei einer konstanten über 600° C. liegenden Temperatur der mit Metalloxyd bedeckten Drahtkathode die Stromstärke, so ist bis zu einer für jede Temperatur bestimmten Stromstärke der Kathodenfall sehr klein (1—2 Volt). Nach Überschreitung dieser Stromstärke wächst der Kathodenfall schnell an, wobei starke Kathodenstrahlen nach allen Seiten hin ausgesandt werden.

Wir haben es hier wohl mit derselben Erscheinung zu tun wie bei einer gewöhnlichen kalten Metallkathode. Bis zur völligen Bedeckung mit Glimmlicht bleibt der Kathodenfall normal, um dann schnell anzusteigen. Bei der großen Helligkeit des glühenden Drahtes war bisher nicht mit Sicherheit festzustellen, ob tatsächlich der völligen Bedeckung mit Glimmlicht das starke Ansteigen des Kathodenfalles entspricht.

2. Je höher die Temperatur des Metalloxydes ist, um so größer ist die Stromstärke, bei der der Kathodenfall zu wachsen beginnt. Die Stromdichte, d. h. die pro cm^2 glühender Oberfläche hindurchgehende Strommenge, kann bei Temperaturen von 1200° bis zu einigen Ampere betragen, so daß man imstande ist, bei Benutzung glühender Metalloxydkathoden von einigen cm^2 Oberfläche bei sehr niedrigen Potentialen (30 bis 40 Volt) sehr starke Ströme durch Entladungsröhren zu senden.

Da nach Nernst[1]) die reinen Metalloxyde ein außerordentlich geringes Leitvermögen besitzen, so muß es auf den ersten Blick überraschen, daß man so große Stromstärken bei so niedrigen Potentialen durch die Oxyde senden kann. Eine einfache Überlegung zeigt jedoch, daß die Leitfähigkeit keineswegs groß zu sein braucht und es in der Tat auch nicht ist, denn wir haben es ja mit sehr dünnen Schichten zu tun.

---

[1]) W. Nernst u. Reynolds, Göttinger Anzeigen, p. 328—330, 1900.

Bei den glühenden Metalloxyden ist aus mehrfachen Gründen, worauf mich Herr Professor E. Wiedemann aufmerksam machte, zunächst zweifelhaft, ob die Leitung eine rein elektrolytische ist, oder ob sich zu dieser eine metallische Leitung gesellt.

Gegen eine rein elektrolytische Leitung spricht, daß bei Stromdurchgang keine bemerkenswerte Drucksteigerung stattfindet, die auf eine starke Gasentwicklung schließen ließe, trotzdem bei einer Stromstärke von 1 Ampere doch pro Sekunde 0,058 ccm Sauerstoff bei 0^0 und 760 mm Druck ausgeschieden werden müßten, die in dem ca. 200 cm^3 fassenden evakuierten Raume eine sekundliche Drucksteigerung von 0,22 mm Hg hervorrufen müßten. Die Substanzmengen sind überhaupt so gering, daß die gesamte Menge (pro cm^2 nur 0,5 mg) bei 1 Ampere Stromdichte in einer Zeit von 2 Sekunden zersetzt sein müßte. Bisher war aber irgend ein Verlust an Metalloxyd selbst bei langdauerndem Durchleiten starker Ströme nicht zu bemerken[1]).

3. Ändert man bei konstanter Temperatur den Druck, so nimmt die Stromstärke, bei der der starke Anstieg des Kathodenfalles eintritt, in dem bisher untersuchten Druckbereich mit wachsendem Druck ein wenig ab.

4. Der Anodenfall wird durch glühende Metalloxyde nicht wesentlich herabgesetzt. Mit steigender Temperatur sinkt er nur wenig. Es stimmt dies mit der Tatsache überein, daß auch bei gewöhnlichen Metallelektroden ein Erhitzen der Anode keinen Einfluß auf das Entladungspotential hat.

Aussendung negativer Ionen durch glühende Metalloxyde.

Die Fähigkeit der untersuchten Metalloxyde, so hohe Stromdichten an der Kathode bei ganz niedrigem Kathodenfall hindurchzulassen, weist darauf hin, daß ein starker Austritt negativer Ionen aus glühenden Metalloxyden stattfindet.

Um dies zu prüfen, bestimmte ich die Sättigungsstromstärken bei nicht leuchtender Entladung. Zu diesem Zwecke benutzte ich ein Rohr, in welchem sich ein mit CaO über-

[1]) Herr Prof. Wiedemann hofft zusammen mit mir in Kürze entscheidende Versuche über diesen Gegenstand mitteilen zu können.

zogener Platindraht in der Achse eines Aluminiumzylinders befand, der durch ein Galvanometer zur Erde abgeleitet war. Die den Draht erhitzende Stromquelle war isoliert aufgestellt, so daß er auf beliebige Potentiale geladen werden konnte.

Bei diesen Messungen mußten besondere Kunstgriffe angewandt, vor allem plötzliche Stromunterbrechungen vermieden werden, um das Einsetzen einer leuchtenden Entladung hintanzuhalten, denn dann kommt zu der dem Sättigungsstrom entsprechenden selbständigen Leitung noch eine unselbständige, welche weit größeren bewegten Elektrizitätsmengen entspricht und mit dem Auftreten von Kathodenstrahlen verknüpft ist.

Aus den erhaltenen Sättigungsstromstärken berechnete ich nach bekannter Methode die pro Flächeneinheit ausgesandte Zahl von Elektronen, falls man davon absieht, daß durch den heißen Draht in der Luft Elektronen gebildet werden.

Die von mir an den glühenden Metalloxyden erhaltenen Werte für die ausgesandte Zahl von Elektronen sind 10000 mal größer als die von O. W. Richardson[1]) an reinem Platin bei der gleichen Temperatur gefundenen. Das beweist, daß die durch Temperaturerhöhung der Luft erzeugten Elektronen nur einen kleinen Einfluß haben können.

Nimmt man die Gültigkeit der von Richardson[2]) aus dem Boltzmann-Maxwellschen Verteilungsgesetz berechneten Formel, welche den Zusammenhang zwischen der ausgesandten Zahl von Elektronen zu der in einem cm^3 des Drahtes enthaltenen und zur absoluten Temperatur darstellt, an, so folgt aus meinen Versuchen, daß die Zahl der Elektronen in einem cm^3 CaO rund 10^{25} ist, während in einem cm^3 Platin nur rund 10^{21} Elektronen enthalten sind. Aus der Zahl 10^{25} würde folgen, daß auf 1 Molekül CaO eine große Anzahl von negativen Elektronen käme, ein zum mindesten sehr überraschendes Resultat, das zu weitgehenden theoretischen und experimentellen Untersuchungen veranlassen muß.

Da an einem Platindraht in Luft von Atmosphärendruck bei höheren Temperaturen stark negative Elektrizität zerstreut wird, war zu erwarten, daß Platindrähte, die mit einem der

[1]) O. W. Richardson, Proceed. of the Cambridge philos. Soc. 11, p. 286 ff., 1901.

[2]) l. c. p. 287.

wirksamen Metalloxyde, z. B. CaO, überzogen waren, bei gleicher Temperatur einen noch stärkeren Elektrizitätsverlust erfahren würden.

Ein Vergleich der Zerstreuungsgeschwindigkeit von mit Metalloxyd überzogenen Platindrähten mit derjenigen von reinen Platindrähten zeigte, daß bei gleicher Temperatur erstere etwa 50mal stärker negative Elektrizität verloren. Positive Elektrizität wurde leichter durch reine Platindrähte abgegeben, wodurch eine interessante Wechselbeziehung erhalten ist.

Benutzung der Metalloxyde zur Erzeugung sehr weicher Kathoden- und Kanalstrahlen.

Benutzt man in einem Entladungsrohr als Kathode einen elektrisch geglühten schmalen Streifen Platinblech, auf den mit Hilfe eines feinen Pinsels nur ein kleiner Fleck CaO aufgetragen ist, und schickt man durch das Rohr einen Strom von der Influenzmaschine oder Hochspannungsbatterie und steigert allmählich die Temperatur des Platinbleches, so geht von gewissen Temperaturen an plötzlich, soweit man es nach dem äußeren Aussehen beurteilen kann, die gesamte Entladung durch den kleinen Metalloxydfleck an der Kathode, wobei intensiv blaugefärbte Kathodenstrahlen senkrecht zur Oberfläche des Bleches stehend von dem CaO-Fleck ausgehen. Dabei nimmt die Begrenzung des dunklen Kathodenraumes die Gestalt einer Nabelfläche an, gerade wie bei Hohlkathoden. Aus früheren Versuchen von mir folgt aber, da je kleiner die Stromstärke, um so größer der dunkle Kathodenraum ist, daß der Hauptteil der Entladung durch den auf der Kathode befindlichen Metalloxydfleck geht. Spätere Versuche mit unterteilten Kathoden sollen in ähnlicher Weise, wie in den Annalen der Physik 7, p. 237—255, 1902 von mir beschrieben, dies noch genauer feststellen.

Da, wie oben gezeigt, der Kathodenfall mit steigender Temperatur sinkt und mit steigender Stromstärke wächst, so kann man durch Änderung von Temperatur oder Stromstärke den Kathodenfall innerhalb sehr weiter Grenzen ändern und dadurch den Kathodenstrahlen Geschwindigkeiten von 1 Volt an erteilen. Bis zu ca. 5 Volt sind die Strahlen sehr diffus,

daher sind Messungen von $\frac{\varepsilon}{\mu}$ und v nur schwierig durchzuführen, bei Potentialen über 5 Volt hingegen sind sie der Messung leicht zugänglich[1]).

Da die Strahlen sehr hell blau leuchten, eignen sie sich sehr gut zur Demonstration der elektrostatischen und magnetischen Ablenkung der Kathodenstrahlen[2]). Durch homogene Magnetfelder (große Spulen) kann man die Strahlen im Rohr leicht zu geschlossenen Kreisen zusammenbiegen, so daß die Messung des Krümmungsradius sehr einfach ist. Mißt man gleichzeitig mittelst einer Sonde den Kathodenfall, so erhält man nach bekannten Methoden $\frac{\varepsilon}{\mu}$ und v. Auf diese Weise sind die Bestimmungen dieser Größen in meiner Arbeit[3]) über die weichen Kathodenstrahlen ausgeführt.

Durchlöchert man ein auf einer Seite mit CaO bestrichenes Platinblech und benutzt es in glühendem Zustande als Kathode, so treten nach rückwärts Kanalstrahlen aus den Öffnungen aus. Da die an der Vorderseite austretenden Kathodenstrahlen nur geringe Geschwindigkeit besitzen, so ist anzunehmen, daß dasselbe auch für die Kanalstrahlen gilt und diese magnetisch leicht ablenkbar sind. Zu Versuchen in dieser Richtung wurden die Kathodenstrahlen gut magnetisch geschützt und dann ein kräftiger Hufeisenmagnet den Kanalstrahlen genähert. Eine magnetische Beeinflussung der Kanalstrahlen ließ sich bisher nicht mit Sicherheit nachweisen; freilich waren die Beobachtungen durch die große Diffusion der Kanalstrahlen sehr erschwert.

Resultate.

1. Der normale Kathodenfall von einigen glühenden Metalloxyden beträgt nur 1—2 Volt. Steigert man die Stromstärke, so tritt Erhöhung des Kathodenfalles nach völliger Bedeckung der Kathode mit Glimmlicht ein.

[1]) A. Wehnelt, Verhandl. d. D. physik. Ges. V. p. 255 ff., 1903.

[2]) Dies habe ich bereits im Ferienkurs für Oberlehrer der Physik im Juli 1903 in Erlangen benutzt, um die Bestimmung von $\frac{\varepsilon}{\mu}$ und v der Kathodenstrahlen zu demonstrieren.

[3]) l. c.

2. Mit zunehmender Temperatur wächst die Stromstärke, bei der der Kathodenfall an glühenden Metalloxydkathoden zu steigen beginnt. Vom Druck ist die Erscheinung wenig abhängig.

3. Der niedrige Kathodenfall an heißen Metalloxyden gestattet unter Verwendung derselben als Kathoden beträchtliche Stromstärken (mehrere Ampere) durch ein Entladungsrohr zu senden.

Das von Bose am glühenden Nernstkörper im Vakuum beobachtete „himmelblaue Leuchten“ entspricht dem Glimmlicht von Strömen, die parallel zum Nernstkörper durch das Gas gehen, da ja der Nernstkörper auch aus zum Teil wirksamen Metalloxyden besteht.

4. Die Leitung der heißen Metalloxyde ist keine rein elektrolytrische.

5. Der Anodenfall wird durch glühende Metalloxyde nicht wesentlich beeinflußt.

6. Die Zahl der von Metalloxyden pro Flächeneinheit ausgesandten Elektronen ist 10000 mal größer als die von gleich heißen Platindrähten ausgesandten.

7. Die Zahl der Elektronen in 1 cm^3 CaO ist 10^{25}, so daß auf jedes Molekül CaO nicht 1, sondern sehr viele Elektronen kommen würden.

8. Die Zerstreuungsgeschwindigkeit negativer Elektrizität ist an glühenden Metalloxyden ca. 50 mal stärker als an gleich heißen Platindrähten.

9. Heiße Metalloxydkathoden eignen sich zur Erzeugung und Demonstration von Kathoden- und Kanalstrahlen mit sehr kleinen Geschwindigkeiten.

Aus den obigen Untersuchungen ergibt sich auch der Grund für zahlreiche widersprechende Angaben über den Elektrizitätsverlust glühender Platindrähte, die dem Verhalten von zum Teil kaum nachweisbaren Verunreinigungen zuzuschreiben sind. Vor allem dürften bei solchen Oberflächen, die Spuren von Fett enthalten, die in demselben enthaltenen anorganischen Salze die Erscheinungen in hohem und unübersehbarem Grade modifizieren. Änderungen bei langem Erhitzen rühren von der allmählichen Zerstäubung der Oberflächenschichten her.

Erlangen, Physikalisches Institut der Universität im Dezember 1903.

Justus Liebig als Student (Rhenane) in Erlangen 1821.

„Eine schlanke Gestalt, ein freundlicher Ernst in feinen, regelmäßigen Gesichtszügen, große, braune Augen mit dunklen schattigen Augenbrauen.“ — —

Platen. Vergl. die Tagebücher des Grafen v. Platen Bd. II Kap. über Erlangen

„Der eine (Liebig) war hager, schlank, aufrechten Ganges, kühn in die Welt hineinblickend“ und „trug einen grünen Flaus mit Stilpkäppchen“.

Schoenbein. Vergl. „Liebig und Schoenbein“ in Kahlbaums Monographien.

Aus Justus Liebigs Lehr- und Wanderjahren.[1]

Von Ferdinand Henrich.

Vortrag, gehalten in der Sitzung vom 12. Mai 1903.

1. Kindheit und Schuljahre.

1803—1819.

Justus Liebig wurde am 12. Mai 1803 zu Darmstadt als Sohn eines Materialwarenhändlers geboren. In seinem Wesen soll er der Mutter nachgeartet sein, einer einfachen Frau ohne höhere Bildung, der ein schlagfertiger Witz — das Kennzeichen eines scharfen Verstandes — nachgerühmt wird. Vom Vater aber hat er die Liebe zum Experimentieren geerbt, denn der alte Liebig besaß darin reiche Erfahrung. Seit langem bereitete er sich Lacke und Firnisse für sein Geschäft selbst, und es war ihm gelungen, diese Ware durch eigene Versuche so zu verbessern, daß sie großen Absatz fand. Um der erhöhten Nachfrage zu genügen, hatte er sich ein Laboratorium eingerichtet, in dem die Selbstfabrikate hergestellt und neue Versuche gemacht wurden. Auch seinen Laden erhellte der alte Liebig bereits zu einer Zeit mit Gasflammen[2], wo man an eine allgemeine Einführung dieser Beleuchtungsart noch nicht dachte. Alles dies deutet darauf hin, daß Liebigs Vater eine große Vorliebe für chemische Experimente hatte, und diese übertrug er auf seinen heranwachsenden Sohn.

Schon in frühen Kinderjahren sehen wir den kleinen Justus im Laboratorium, wie er dem Vater beim Experimentieren behilflich ist. Bald machte er auch Versuche auf eigene Faust,

---

[1]) Die benutzten Quellen sind am Schlusse aufgeführt.

[2]) Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung vom 6. Mai 1903, S. 398.

und als man ihm das nicht wehrte, wurde das Laboratorium sein liebster Aufenthalt.

Der Vater entnahm seine Rezepte chemischen Büchern, die er teils selbst besaß, teils aus der Darmstädter Hofbibliothek lieh. Als der Sohn mit diesen Werken näher bekannt wurde, faßte er eine solche Leidenschaft dafür, daß er so viele las, als er nur bekommen konnte. Er studierte sie keineswegs nach einer systematischen Ordnung, sondern ließ sich die Bücher geben, wie sie auf dem Gestelle standen, von rechts nach links, von oben nach unten, wie es gerade kam, und verschlang das erhabenste neben dem alltäglichsten. In seinem 15. Lebensjahre war in der Darmstädter Hofbibliothek kein chemisches Buch, das er nicht gelesen, und in den Büchern kein Experiment, das er nicht wenigstens versucht hätte nachzumachen. So erwarb er sich früh umfassende chemische Kenntnisse und Erfahrungen, die freilich nicht systematisch geordnet, sondern wie in einer Trödelbude in seinem Kopfe aufgestapelt waren. Trotzdem wußte er sie trefflich anzuwenden.

Einst sah er auf dem Jahrmarkt einen sogenannten Tausendkünstler, der Flecken entfernte, Töpfe kittete, Essenzen, Fleckseife und auch Knallerbsen feilbot. Die starke Nachfrage der Darmstädter Jugend hatte bald seinen Vorrat an Knallerbsen erschöpft, und der kleine Liebig kam gerade dazu, wie neues Knallmaterial hergestellt wurde.

Zu flüssigem Metall, das der Knabe sofort als Quecksilber erkannte, kam eine rauchende Flüssigkeit, die nun rote Dämpfe ausstieß. Ähnliches hatte Justus beim Scheidewasser (Salpetersäure) beobachtet. Zuletzt gab der Mann zu der brodelnden Masse noch eine Flüssigkeit, die dem Geruche nach Branntwein sein mußte, und bald war das Knallmaterial fertig. Sofort stellte unser junger Chemiker ähnliche Versuche an und hatte so günstigen Erfolg, daß das Geschäft seines Vaters als einziges in Darmstadt bald in der Lage war, Knallerbsen feilzubieten.

Durch diese und ähnliche Proben waren die Eltern zu der Überzeugung gekommen, daß der Knabe hervorragend begabt sei, und um ihn für einen höheren Beruf vorzubereiten, schickten sie ihn auf das Gymnasium. Aber nun begann eine bittere Leidenszeit für unseren Justus. Die Methode, nach der hier

gelehrt wurde, konnte ihm das Verständnis der Lehrgegenstände absolut nicht vermitteln, und so wurde er ein schlechter und unaufmerksamer Schüler. Bald war sein Platz dauernd auf der untersten Bank, und statt dem Lehrer zuzuhören, las er unter dem Tische physikalische und chemische Bücher. Eines schönen Tages wurde er bei dieser Lektüre erwischt, der Lehrer nahm ihm den Kodex ab, sah hinein und rief entsetzt: „Aber Liebig, Liebig was lesen Sie für Bücher, o Gott, was soll aus Ihnen werden?“ „Ein Chemiker,“ war die prompte Antwort. „Habt ihrs gehört,“ sagte der Lehrer zur Klasse, „der Liebig will ein Chemiker werden, ein Chemiker, das ist ja gar nichts,“ und die Kameraden brachen in ein schallendes Gelächter aus. Als ihm nun eines schönen Tages sehr zur Unzeit Knallquecksilber in der Schule explodierte, da wurde er kurzerhand als „hoffnungslos unbrauchbar“ der Schule verwiesen.

Zunächst experimentierte er zu Hause weiter. Nachdem aber eines Tages mit den Scheiben auch das Fensterkreuz seines Dachstübchens auf die Straße geflogen war, wurde sein Forschungstrieb auch den Eltern unheimlich, und sie schickten ihn nach Heppenheim an der Bergstraße zu einem Apotheker in die Lehre. Hier, meinten sie, könne er seine Talente noch am besten verwerten.

Gar bald hatte Justus das Apothekerhandwerk erlernt und nahm dann das Studium seines geliebten Knallquecksilbers wieder auf. Da erzitterte zur Nachtzeit das Haus des Apothekers von einer so gewaltigen Explosion, daß der Lehrling es nicht mehr wagte, sich zu verabschieden, sondern schleunigst nach Darmstadt zurücklief.

Keine gelinde Verzweiflung mag nach diesen Ereignissen im Elternhause geherrscht haben. Doch hatte der Vater die hervorragende Begabung des Sohnes für chemische Dinge erkannt, und wenn er bisher seines Justus Lieblingswunsch, die Hochschule besuchen zu dürfen, nicht erfüllt hatte, so geschah das mit Rücksicht auf die beschränkten Mittel. Nach den bisherigen Erfahrungen blieb ihm aber kaum noch etwas übrig, als nachzugeben, und er tat es um so lieber, als ein von der Regierung gewährtes Stipendium die Kosten erträglicher machte.

2. Auf der Universität.

1819—1822.

So zog denn unser Justus im Jahre 1819 fröhlich und voll guter Hoffnungen rheinabwärts nach der Musenstadt Bonn.

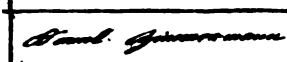
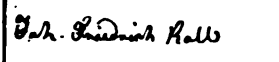
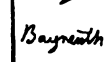
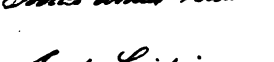
Die chemische Wissenschaft war in jener Zeit in mächtigem Aufblühen begriffen. Der geniale Lavoisier hatte die quantitative Analyse zum leitenden Forschungsprinzip erhoben, das heißt die Bestimmung der Gewichtsmengen, nach denen die Elemente zu chemischen Verbindungen zusammentreten. Als der tragische Tod auf dem Schaffot den großen Forscher mitten aus vollster Tätigkeit herausgerissen hatte, bauten seine Schüler die Pläne und Ideen des Meisters weiter aus und häuften eine wichtige Entdeckung auf die andere. Auch der berühmte Schwede Berzelius und geniale Engländer erforschten auf Grundlage der quantitativen Analyse Mineral-, Pflanzen- und Tierreich mit den größten Erfolgen.

Nur in Deutschland war man zurückgeblieben, die neuen Ideen hatten hier zwar Anhänger, aber keine Vorkämpfer gefunden, und die Forschungen, die hier zutage traten, waren so minderwertig, daß sie den Spott und Hohn des Auslandes hervorriefen. Freilich gab es damals auch noch keine besonderen Lehrstühle für Chemie auf den deutschen Hochschulen. Meist las ein Professor der Medizin oder der Naturwissenschaften ein chemisches Kolleg vom Katheder herab, ohne das Vorgetragene durch Experimente zu erläutern. Ein Theologe oder Jurist hätte gerade so gut Chemie vortragen können. Noch schlimmer war es mit den Laboratorien bestellt, die heutzutage der wichtigste Aufenthaltsort des lernenden Chemikers sind. „Was man so nannte," erzählt Liebig später, „waren eher Küchen, angefüllt mit allerhand Öfen und Geräten zur Ausführung metallurgischer und pharmazeutischer Prozesse, niemand aber verstand die Analyse zu lehren."

Zu jener Zeit lehrte in Bonn der Professor Karl Wilhelm Kastner die Naturwissenschaften, insbesondere Physik und Chemie. Von Hause aus Pharmazeut, verstand er mehr von Chemie als die meisten seiner Fachgenossen, und außerdem hatte er sich als Herausgeber von pharmazeutisch-chemischen Zeitschriften und Lehrbüchern einen bedeutenden Namen er-

worben. Jedenfalls galt er als der berühmteste Chemiker im Umkreis, und seinetwegen war Liebig nach Bonn gegangen.

Der Feuereifer und die eminente Begabung des jungen Studenten hatten bald Kastners Aufmerksamkeit erregt, und Liebig wurde einer seiner Lieblingsschüler. Als Kastner ihm nun gar das heißersehnte Mysterium der chemischen Analyse erschließen wollte, da folgte er seinem Lehrer nach Erlangen, wohin Kastner 1821 berufen wurde. Am 12. Mai 1821 schrieb Liebig sich in das Matrikelbuch der Universität ein[1]) und wir sehen, wie seine schwungvollen, großen, deutlichen Schriftzüge sich von allen anderen abheben.

Name des Studierenden	Vaterstadt	Alter	Stand des Vaters
			
			
			

Als Gegenstand seines Studiums hatte Liebig angegeben: Naturalia.

Die Universität Erlangen stand damals in hoher Blüte: Gerade war der berühmte Philosoph Schelling in den Lehrkörper eingetreten. „Wir sollen auch Kastner als Physiker

1) Die photographischen Aufnahmen verdanke ich der Liebenswürdigdes Herrn cand. chem. Limmer. Es sei mir gestattet Herrn Limmer auch an dieser Stelle für seine Bemühungen bestens zu danken.

und Porson als Botaniker und dabei noch einen berühmten Historiker bekommen. Unsere Hochschule ist dann ohne Zweifel die vorzüglichste in Deutschland, wenigstens an Geist und Genialität," so schrieb der Dichter August Graf von Platen, der damals in Erlangen studierte, am 4. Dezember 1820 in sein Tagebuch (Bd. II S. 435).

Den Hauptanziehungspunkt bildete aber Schelling. Er war einer von denen, die „mit urkräftigem Behagen die Herzen aller Hörer" zwingen konnten, und selbst auf ältere Studenten, wie den Grafen von Platen, war der Eindruck seiner Vorlesungen ein gewaltiger. Am 11. Januar schreibt der Dichter in sein Tagebuch: „Dieser außerordentliche Mann verbreitet ein reiches, unabsehbares Leben über die Universität." Der größte Hörsaal konnte die Menge nicht fassen. Türen und Fenster blieben geöffnet und von der Straße her lauschten die Studenten seinen Vorträgen.

„Schellings ganzer Vortrag ist trotz der äußerlich anscheinenden Trockenheit hinreißend. Er erfüllt den Geist mit einer unbeschreiblichen Wärme, die bei jedem Worte zunimmt. Eine Fülle von Anschaulichkeit und eine wahrhaft göttliche Klarheit ist über seine Rede verbreitet. Dabei eine Kühnheit des Ausdrucks und eine Bestimmtheit des Willens, die Verehrung erwecken. Von seiner kühnen Art, sich auszudrücken, nur ein einziges Exempel von heute. Er sprach von dem Subjekte der Philosophie und von der Auffindung des ersten Prinzips, die nur erreicht werden könne durch die Zurückführung seiner selbst zum vollkommenen Nichtwissen, wobei er des Heilands Worte anführte: „Wenn ihr nicht werdet wie diese Kinder, so könnt ihr nicht eingehen ins Himmelreich." Nicht etwa, setzte er hinzu, muß man Weib und Kind verlassen, wie man zu sagen pflegt, um zur Wissenschaft zu gelangen, man muß schlechthin alles Seiende, ja — ich scheue mich nicht es auszusprechen, man muß Gott selbst verlassen. Als er dies gesagt hatte, erfolgte eine Totenstille, als hätte die ganze Versammlung den Atem an sich gehalten, bis Schelling sein Wort wieder aufnahm und sich darüber verbreitete, um nicht mißverstanden zu werden, wobei er sich wieder des bildlichen Ausdrucks der Schrift bediente: „die alles behalten, werden alles verlieren, die alles dahingeben, werden alles gewonnen haben."

Mir selbst fielen plötzlich bei dieser ganzen Darstellung die Worte Hamlets: „to be or not to be, that is the question“ mit ihrer ganzen Zentnerlast aufs Herz, und es war mir, als wäre mir zum ersten Male das wahre Verständnis derselben durch die Seele gegangen.“

Wie mächtig mußten solche und ähnliche Ausführungen auf die akademische Jugend wirken! — Bald hatte Liebig erkannt, daß er bei Kastner nichts mehr lernen könne, und so suchte er in Schellings Naturphilosophie die Verwirklichung seiner wissenschaftlichen Ideale. Mit größtem Eifer folgte er Schellings Vorlesungen, aber später hat er das bitter bereut. 1840 schreibt er darüber: „Ich selbst brachte einen Teil meiner Studienzeit auf einer Universität zu, wo der größte Philosoph und Metaphysiker des Jahrhunderts die studierende Jugend zur Bewunderung und Nachahmung hinriß. Wer konnte sich damals vor Ansteckung sichern? Auch ich habe diese an Worten und Ideen so reiche, an wahrem Wissen und gediegenen Studien so arme Periode durchlebt; sie hat mich um zwei kostbare Jahre meines Lebens gebracht; ich kann den Schreck und das Entsetzen nicht schildern, als ich aus diesem Taumel zum Bewußtsein erwachte. Wie viele der Begabtesten und Talentvollsten sah ich in diesem Schwindel untergehen, wie viele Klagen über ein völlig verfehltes Leben habe ich nicht später vernehmen müssen.“ —

Gleichzeitig mit Liebig saß damals Johann Christian Schoenbein auf den Bänken der Erlanger Hörsäle. Da aber Liebig der Landsmannschaft Rhenania, Schoenbein einer Burschenschaft angehörte, durften sie sich nicht näher treten. Erst in späteren Lebensjahren wurden sie Freunde.

Schon in Bonn hatte Liebig mit befreundeten Studenten einen Disputierklub gegründet, in dem alle Neuerungen auf dem Gebiete der Chemie besprochen wurden. In Erlangen ließ er ihn wieder aufleben und stand ihm vor. Nebenher war er eifrigst bemüht, seine vernachlässigte Gymnasialbildung zu ergänzen.

Zuletzt wohnte er bei dem Büttnermeister Nettel in dem Hause, das jetzt die Bezeichnung Neustädter Kirchenplatz 6 trägt.

In diesen Tagen hat die Stadt Erlangen dort eine Gedenk-

tafel anbringen lassen; auch soll bald eine Straße nach Liebig benannt werden.

Liebig-Haus zu Erlangen (Neustädter Kirchenplatz 6).
Auf der Gedenktafel steht: Hier wohnte 1821—1822 Justus Liebig als Student.

In seinen Mußestunden war Liebig ein flotter Student. Wie Platen berichtet, war er in der Landsmannschaft Rhenania

aktiv geworden. Seine Exzesse in baccho haben die Disziplinarbehörde mehr als einmal beschäftigt.

So verfloß die Erlanger Studentenzeit in eifrigem, aber vergeblichem Suchen nach dem wahren Geiste chemischer Forschung und im Genusse fröhlichen Studentenlebens, da traten zwei Ereignisse ein, die auf Liebigs weiteres Leben von nachhaltigstem Einfluß waren.

In der Neujahrsnacht von 1821 auf 1822 waren Angehörige der Landsmannschaft Rhenania und unter ihnen Liebig[1]) in einem Gasthofe mit Handwerksburschen und Bürgerssöhnen in Streit geraten[2]). Die Reibereien setzten sich Wochen hindurch fort, und als ein großer Teil der Bürgerschaft Erlangens gegen die Studenten Partei nahm, wurde die Situation kritisch. Am 26. Februar 1822 standen sich auf dem Marktplatze Studenten und Stadtvolk bewaffnet gegenüber, nur durch Militär getrennt, das in der Nacht von Nürnberg herbeigerufen war. Um diesem Zustande ein Ende zu machen, zogen die Studenten nach dem Welskeller am Altstädter Berge ab. Während sie noch berieten, kamen einzelne Studenten, die sich verspätet hatten, an: der Pöbel hatte sie blutig geschlagen, ja zum Teil aus ihren Wohnungen gerissen und mißhandelt. Da die Furcht vor dem Militär einen gewaltsamen Einfall in die Stadt verhinderte und auch der Senat keine Bürgschaft für persönliche Sicherheit geben konnte, so beschlossen die Studenten einen Auszug, und zwar nach Altdorf. Das war früher die Universität von Nürnberg gewesen, und dort hoffte man gastliche Aufnahme. Sofort wurde aufgebrochen, wie jeder eben war. Am anderen Morgen zogen die Erlanger Studenten in Altdorf ein. Der Ruf: Wir bringen euch die Universität wieder! öffnete ihnen Häuser und Herzen der Altdorfer. Nach außen wurde verkündet, daß man die Universität nach Altdorf

[1]) Er wurde wegen exzessiven Betragens in dieser Neujahrsnacht mit dreitägigem Karzer bestraft. „Diese, wegen großer Trunkenheit gemilderte, Strafe hatte er verdient, weil er bei dem vor dem Gasthause zum Lämmle stattgehabten Unfug besonders tätig war und beleidigende Äußerungen gegen obrigkeitliche Personen tat und besonders dem Polizeiwächter Schramm und sogar dem Herrn Rechtsrat Heim die Hüte vom Kopf geschlagen hatte.“ (Aus den Akten der Universität Erlangen.)

[2]) Der Auszug nach Altdorf ist unter teilweise wörtlicher Benutzung von Hase, Ideale und Irrthümer, (s. Anhang) erzählt.

übertragen wolle, falls die Bevölkerung Erlangens nicht nachgäbe, in Wirklichkeit aber suchte man eine sichere und ehrenvolle Rückkehr zu gewinnen. Als Bedingungen der letzteren waren aufgestellt: 1. Amnestie des Auszugs, als um des Friedens willen geschehen. 2. Niederschlagung der Untersuchungen wegen der nächtlichen Schlägereien. 3. Ehrenvoller Einzug in Erlangen mit den Waffen und mit Sang und Klang. 4. Sicherheit vor Verhaftungen für die nächsten acht Tage nach der Rückkehr. 5. Abzug des Militärs nach Wiederherstellung der Ruhe.

In allen Punkten fand sich ein Zugeständnis, nur über Punkt 2 nicht, „da nach dem Staatsgrundgesetze eine bereits eingeleitete Untersuchung selbst durch den König nicht aufgehoben werden könne.“ Doch versprachen die Professoren hier ihre persönliche Vermittlung bei den Behörden.

Da ließen die Studenten jene Forderung fallen und zogen am 4. März 1822 unter Hörnerklang und dem Jubel der Bevölkerung in Erlangen wieder ein.

Nach kurzer Zeit zog denn auch das Militär ab. „Als wir unsere bewaffneten Beschützer endlich los wurden, entstand zwischen Stadt und Universität ein Streit, wer die Kosten dieses Feldzuges zu tragen habe? Die Stadt behauptete: das Militär sei nur wegen der Studenten nötig gewesen, also die Universität habe zu zahlen. Diese versicherte: ihre Studenten hätten keinen Schutz gebraucht, die hätten sich selber helfen können.“ Man hat sich endlich dahin verglichen, einen halben Pfennig auf die Maß Bier zu legen, und da haben Bürger und Studenten sich gleich eifrig bemüht, die Schuld zu zahlen. —

War in dieser gemütlichen Art eine Versöhnung der Studenten mit den Professoren und der Stadt zustande gekommen, so sollte die Geschichte doch bald unangenehme Folgen zeitigen. Um das zu verstehen, muß man sich in die Zeit zurückversetzt denken, in der sich die Politik der heiligen Allianz mehr und mehr mit ihrem wahren Gesichte zeigte.

Einmütig war das deutsche Volk mit seinen Fürsten aufgestanden und hatte in heldenmütigem, siegreichem Kampfe gegen den Korsen seine äußere Freiheit wiedererrungen. Der Gedanke an eine Erneuerung des Kaiserreiches mit zeitgemäßen

Reformen und vor allem mit Beteiligung des Volks an der Gesetzgebung war erwacht. Allmählich aber entpuppte sich die heilige Allianz als eine gegenseitige Assekuranz der Fürsten gegen ihre Völker, und an Stelle freiheitlicher Entwicklung trat eine sich stets verschärfende Reaktion ein. Die akademische Welt empfand diesen Rückschlag besonders schmerzlich. Auf dem Wartburgfest (1817) hatten Studenten und Professoren ihren Gefühlen beredten Ausdruck gegeben und auf die Urheber des Rückschritts hingewiesen. Auch dies half nichts. So nahm die Studentenschaft die bekannte oppositionelle Haltung an, und ein geheimer politischer Bund warb mit Erfolg bei der akademischen Jugend. Als nun gar Kotzebue von Sand ermordet worden war, erblickte man in der Studentenschaft ein gefährliches revolutionäres Element, gegen das man sich auf das nachdrücklichste schützen müsse. So kamen die Karlsbader Beschlüsse zustande, denen zufolge seit 1819 eine Zentraluntersuchungskommission in Mainz saß und die schlimmste Demagogenriecherei trieb. Beinahe zwei Jahre war sie ohne besondere Arbeit gewesen, da drang die Geschichte des Altdorfer Auszugs in ihren gerichtlichen Folgen an die Öffentlichkeit. Das war Wasser auf die Mühle der Untersuchungskommission, und als nur gar einiges von dem geheimen politischen Bunde, der auch in Erlangen Anhänger gefunden hatte, durchgesickert war, da begann sie eine hochnotpeinliche Untersuchung.

Als Mitglied der Landsmannschaft Rhenania war Liebig an den Unruhen in Erlangen beteiligt, und am 4. März hatte er das Protokoll der Studenten in Altdorf mitunterzeichnet. Dadurch war er bald großen Unannehmlichkeiten ausgesetzt. Als man nun in seiner Abwesenheit sein Pult erbrochen und darin ein verdächtiges Protokoll vorgefunden hatte, wurde die Situation für ihn höchst kritisch. Warnende Stimmen rieten ihm, schleunigst heimlich abzureisen, aber er hatte sein Doktorexamen noch nicht gemacht und verschob die Abreise. Immer größer wurde seine Bedrängnis, immer dichter ballten sich die Wolken über seinem Haupte zusammen, da fiel wie ein Sonnenstrahl in die Düsternis jener Zeit seine Bekanntschaft mit August Grafen von Platen-Hallermünde.

Der Dichter studierte damals in Erlangen die Rechte. Ur-

sprünglich für die militärische Laufbahn bestimmt, hatte er bald den Plan gefaßt, Diplomat zu werden. Um sich durch Sprach- und Rechtsstudien für die zukünftige Laufbahn vorzubereiten, weilte er seit 1819 in Erlangen. Freilich brach sich in jener Zeit größerer Muße sein poëtischer Drang so mächtig Bahn, daß die Juristerei bald gänzlich vernachlässigt wurde. Viele von den Gedichten, die wir auf der Schule lernen, ich erinnere nur an „Das Grab im Busento", sind damals in Erlangen entstanden. Durch seine philologischen Studien ward ihm aber der wundervolle Born orientalischer Poësie erschlossen, der ihn zu seinen formvollendeten Ghaselen begeisterte.

Am 13. März 1822 schreibt Platen in sein Tagebuch: „Ehevorgestern habe ich eine interressante Bekanntschaft gemacht. Es ist ein junger Chemiker aus Darmstadt und heißt Justus Liebig, derselbe Student, den ich vor einiger Zeit einmal bei Kastner antraf. Schon früher hatte mir ihn Bülow als Kastners Liebling charakterisiert, wie er denn auch, besonders in der Chemie, sehr gediegene Kenntnisse hat." Am 17. März berichtet er weiter: „Nach Tische im Walfisch — sprach ich Liebig zuerst. Ich fragte nach Kastner, und die Unterredung ging auf naturwissenschaftliche Gegenstände über, wobei auf manche Exkursionen und Ferienreisen Rücksicht genommen wurde und was sich sonst noch darauf beziehen konnte. Liebig zeigte sich in allem klar, bestimmt und solide. Wir machten später noch einen Spaziergang, und nachdem ich ihm meine Wohnung gezeigt hatte, führte er mich in die seinige, wo wir den Abend zusammen zubrachten. Hier lernte ich ihn nun auch von Seite seines Herzens kennen. Er zeigte sich sehr offenherzig, vertraute mir manche Lebensverhältnisse, auch die Geschichte seiner chemischen Bildung, die mir sehr merkwürdig schien, und gab mir Beweise einer so plötzlichen und entschiedenen Zuneigung, daß ich wirklich darüber in eine Art von Erstaunen geriet. So viel Liebe hatte mir noch niemand, am wenigsten nach einer so kurzen Bekanntschaft, bewiesen. Ich konnte mich nicht der Worte aus Goethes „Divan" erwehren:

„Unmöglich scheint immer die Rose
Unbegreiflich die Nachtigall." (Buch VIII.)

Aber ich konnte zugleich abnehmen, daß je näher sich zwei Menschen kommen, je mehr sie ihr innerstes Wesen vor-

einander zu entfalten suchen, nur um so rätselhafter werden sie einander; und nur einer oberflächlichen Ansicht kann es einleuchten, daß zwei Menschen sich verstehen können".

War der um fünf Jahre ältere Dichter der schwärmerischen Zuneigung Liebigs gegenüber anfangs zurückhaltend gewesen, so änderte sich die Sache, als sich die Freundschaft vertiefte. „Nicht mehr also als zehn Tage waren uns vergönnt zu gegenseitig glücklicher, leichter Mitteilung von Mund zu Mund", so berichtet Platen am 21. März, „und auch diese konnten nicht ungestört genossen werden, zum Teil wegen der Verhältnisse, in denen Liebig die letzte Zeit hier leben mußte, und denen auszuweichen durch eine schnelle Abreise er von mehreren Seiten gewarnt wurde. Vorgestern Abend brachten wir noch eine herrliche Stunde zusammen hin, besonders, da ein kleines Mißverhältnis, an welchem ich ganz allein Schuld war, vorherging." In einer solchen Stunde mochte Liebig dem Freunde von den Hoffnungen erzählt haben, die er auf sein Studium gesetzt hatte, und von den Enttäuschungen, die er erleben mußte. Wie aus seinen Spielereien mit Knallquecksilber ein ernster Forscherdrang in ihm erwachte, wie er es nur mit größter Mühe habe durchsetzen können, eine Hochschule zu besuchen, weil hier allein Aufklärung zu erwarten war. Aber weder Kastners Vorträge noch Schellings Metaphysik hätten ihm seine Rätsel lösen können. In Paris, wo man sich auf die chemische Analyse verstehe, wäre das ihm Fehlende vielleicht zu finden. Ob er aber jemals dahin kommen könne, das sei unter den jetzigen Verhältnissen zweifelhafter als je. So müsse er unbefriedigt und ohne Hoffnung, die heißesten Wünsche jemals befriedigt zu sehen, von der Hochschule scheiden. — Da tröstete ihn der Poët:

„Fand der Erschütterung nicht Ruhe Meer und Land?
Und reiste Sadi nicht, bis fernen Wunsch er fand?
Drum quäle nicht Dein Herz, ob Dir ein Wunsch versage:
Denn schwanger ist die Nacht, o Bruder, mit dem Tage."

Diese verheißungsvollen Worte aus dem Bostan schrieb Platen in persischer Sprache in ein Exemplar seiner „Lyrischen Blätter" und drückte es dem scheidenden Freunde in die Hand. Schon mehrmals war zärtlichster Abschied genommen worden, aber immer wieder wurde Liebigs Abreise

hinausgeschoben. Endlich fand sie heimlich statt. Platen berichtet darüber am 21. März: „Ich traf ihn (Liebig) nach Tische auf der Straße. In Tennenlohe, eine Stunde von hier, erwartete ihn und einen anderen Rheinländer eine Chaise, die sie, ohne Aufsehen in der Stadt zu machen, nach Nürnberg bringen sollte. In Tennenlohe nahm ich wieder Abschied, doch wurde ich eingeladen, mitzufahren. Der Abend war schön; auf diesem Gange durch die ehrwürdigen Gassen Nürnbergs konnten wir uns noch einmal ganz uns selbst überlassen und freuen, daß wir uns gefunden, verstanden, geliebt und ewig lieben werden. Nie schien mir Liebig edler, zärtlicher und niemals schöner, wiewohl er immer schön ist. Eine schlanke Gestalt, ein freundlicher Ernst in feinen, regelmäßigen Gesichtszügen, große, braune Augen mit dunklen, schattigen Augenbrauen nehmen auf den ersten Blick für ihn ein. Was sagten wir uns, was hofften wir nicht alles. Bis Pfingsten, sodann bis künftigen Herbst wollten wir uns wiedersehen. Künftigen Winter hofften wir beide zusammen in Paris zuzubringen. Liebig denkt seiner chemischen Studien wegen dahin zu gehen, und mir ist es für meine orientalischen beinahe unumgänglich notwendig, wenn ich anders imstande bin, es bei der Regierung durchzusetzen. Ich scheute mich bisher, daran zu denken. Solange vom Vaterlande entfernt und unter Franzosen zu sein, war mir zu betrübt. Allein in Paris würde ich zugrunde gehen. Aber in Liebigs Gesellschaft, welch ein mannigfacher Gewinn!

Nie fiel es uns ein, wie mirs bei anderen Freunden immer geschah, auf eine feierliche Weise in ein näheres Verhältnis zu treten. Wir haben nie Brüderschaft getrunken; aber das gegenseitige Du fand sich ganz von selbst auf unseren Lippen ein. Wir konnten nicht anders und fühlten immer gleich, was uns gemäß war. Nur eines führe ich an, was mir auch hohe Achtung für Liebig einflößte. Wiewohl er sehr zärtlich ist, wiewohl er mir eingestand, daß er sogar gewaltig eifersüchtig auf mich werden könne, wiewohl wir endlich, wenn wir allein waren, uns nie scheuten, uns zu küssen; niemals habe ich doch in Worten oder Gebärden das geringste an ihm bemerkt, was auf etwas Unreines oder nur im mindesten Unsittliches hingewiesen hätte. Wir haben uns zwar nicht verhehlt, und Liebig

machte zuerst die Bemerkung, daß wir vor dem falschen und übeldeutenden Auge der Menschen nicht jene Innigkeit uns zeigen dürfen, die wir, wenn wir allein sind, uns nicht versagen, aber da wir uns nicht weniger achten als lieben, so tun wir uns deshalb in Gesellschaft keinen Zwang an und ohne Heuchelei fühlen wir auch hier, was wir uns schuldig sind."

Am anderen Tage erfolgte der letzte Abschied, und die Freunde trennten sich mit der Verabredung, daß Platen noch im Laufe des Sommers nach Darmstadt kommen sollte, um Liebig zu einer gemeinsamen Rheinreise abzuholen. Bis dahin wollten sie sich eifrig schreiben.

Am 10. April 1822, gerade einen Monat, nachdem sie sich kennen gelernt hatten, traf der erste Brief von Liebig ein. „Er schreibt mir nur wenige, doch recht herzliche Worte," so berichtet Platen in seinem Tagebuch. „Es ist mir in der Tat unbegreiflich, daß er mich so liebt, wiewohl ich ihm nicht minder gut bin." Umgehend wurde der Brief beantwortet, doch die Bemerkung eingeflochten, Liebigs Schreiben sei „kurz wie ein Geschäftsbrief" gewesen. Das verstimmte Liebig und er gab das Wort zurück: „Wenn Du mir antwortend schreibst: Deine freundlichen Gesinnungen erwiedere ich von Herzen — ist das nicht, wie wenn ein Kaufmann einem anderen schreibt: Ihre Anfrage auf das und jenes erwiedernd dient, daß ich dergleichen noch vorrätig habe? Übrigens werde ich mich in meinen Briefen des kalten Verstandes befleißigen, der aus dem Deinigen spricht, um nicht in die Irrungen Gottwalds in Jean Pauls Flegeljahren zu verfallen, denn anfänglich schien es mir, als ob bloß der Graf Platen an mich geschrieben hätte. Dich kennend setze ich alles auf die Rechnung Deiner Originalität." Das war grob, und Platen beeilt sich, ihm derb den Text zu lesen: „Ich sollte billig jedes Verhältnis zu Dir abbrechen, dann hättest Du eher Ursache, Dich vor Dir selbst als Gottwald auszumalen . . . Wenn ich sagte, daß es uns an gemeinsamen Erinnerungen fehle, so geschah das in der Absicht, Dich zu einer Rheinreise zu bereden; doch auch hieraus weiß Deine hypochondrische Empfindlichkeit Gift zu saugen. Mit Dir (schreibst Du) eine Reise in die herrlichen Rheingegenden zu machen, ist gewiß für mich so belehrend als erfreulich." Soll ich etwa diese steife Formel für eine freundliche Einladung ansehen?"

Dennoch machte sich Platen Ende Mai 1822 auf den Weg nach Darmstadt, um den Freund zur verabredeten Rheinreise abzuholen. Da klärte es sich denn auf, warum Liebig in so gereizter Stimmung war. Wegen der Studentenunruhen in Erlangen hatte man ihn nach Darmstadt verfolgt, in Untersuchung gezogen und ihm Stadtarrest zudiktiert, so lange der Prozeß dauerte. Aus der verabredeten gemeinsamen Rheinreise konnte nun nichts werden, und das erzeugte gereizte Stimmungen. Harte Worte fielen hin und zurück, so daß Platen in sein Tagebuch schreibt: „Liebig ist schrankenlos empfindlich und es kostet ihm nichts, von der weichsten Stimmung in eine steinerne Härte überzugehen.“ Doch kam durch äußerste Nachgiebigkeit von seiten des Dichters eine Versöhnung zustande. Ja Liebig gestand dem Freunde, daß er seine Liebe nicht verdiene. So verbrachten sie bei der Lektüre von Goethes Faust und auf schönen Ausflügen herrliche Stunden miteinander, und als Platen abreiste, sagte Liebig, daß er womöglich nachreisen und ihn in Mainz treffen wolle: „Alle meine Not will ich dann vergessen, von allem abstrahieren und nur von Dir nicht.“ — Aber die Freunde sahen sich nie wieder. —

Während Platen die herrlichen Eindrücke des Rheinlandes in sich aufnahm, wurde Liebig durch die gerichtliche Untersuchung in schlimme Lagen versetzt; doch kam er schließlich mit einem blauen Auge davon.

3. Paris.

1822—1824.

Inzwischen hatte unser junger Chemiker nichts unversucht gelassen, um ein Stipendium für eine Studienreise nach Paris zu erlangen. Als der Kabinettssekretär Schleiermacher, der ihm wohlwollte, sich von seiner politischen Harmlosigkeit überzeugt hatte, wurde ihm das Stipendium gewährt, und er machte sich im Herbst 1822 nach dem Ziele seiner Wünsche auf.

Bald war in Paris Thénard auf ihn aufmerksam geworden und verschaffte ihm einen Arbeitsplatz im Laboratorium von Gaultier de Claubry, das früher Vauquelin geleitet hatte. Da hatte Liebig jetzt alle zeitgemäßen Einrichtungen für die chemische Forschung zur Hand, und so machte er sich eifrig an die Arbeit.

Doch auch des Freundes in Erlangen vergaß er nicht. Als auf zwei Briefe keine Antwort gekommen war, bat er in einem Brief vom 15. März 1823 fast flehentlich um die Wiederaufnahme der Freundschaft. Er erinnert den Dichter an die gemeinsamen Erlebnisse, gedenkt der Düsternis seiner Verhältnisse zur Zeit der ersten Bekanntschaft mit dem Dichter. Sie sei ihm nicht wie ein Zufall, sondern wie eine höhere Schickung erschienen; er verehre ihn wie sein Ideal. Platen habe bei den Studenten für kalt und zurückhaltend gegolten, und der Wechsel von Kälte und Wärme habe auch Liebig argwöhnen lassen, daß der Dichter sein Spiel mit ihm treibe. Zwischenträgereien hätten ihn mißtrauisch gemacht u. s. w. „Ich hielt Dich für mich verloren, da ich nichts mehr von Dir erfuhr. Schreibe mir nur eine Zeile und wenn es die härteste sein sollte, ich habe Dir hartes Unrecht zugefügt, biete Dir redlich meine Hand und meinen jetzt nicht mehr befangenen Sinn; so wie ich jetzt lebe, liebe ich Dich. Sei offen und ehrlich, wie ich Dir verspreche zu sein und nie kann ein Mißverständnis je wieder unter uns aufkommen. Willst Du mir aber nicht mehr schreiben, so schicke mir diesen Brief zurück, ich werde deswegen nicht aufhören, Dich zu achten und zu lieben.“ Die zwei ersten Briefe Liebigs hatten Platen nicht erreicht. Um so beglückter war er über diesen dritten, der ihn zu folgender Ghasele begeisterte:

„Jahre schwanden, dieser Busen ist von Liebe rein gewesen,
Was ihn wieder hat befangen, ist ein Becher Wein gewesen,
Lenzeshauch aus goldnen Locken lockte mich in eherne Bande,
Denn ihr Anbeginn ist Irrtum und ihr Ende Pein gewesen.
An bemalten Schaugerichten wollt ich meinen Hunger stillen,
Aber was mir Brot geschienen, ist ein kalter Stein gewesen:
Gold und Silber wollt ich fördern auf im Traum gesehnen Plätzen,
Aber was ich ausgegraben, ist ein morsch Gebein gewesen.
Will mich dennoch aus der Ferne Deine Huld und Milde segnen,
Soll mir teurer sein die Trennung als mir der Verein gewesen;
Flattersinnig, unbeständig, ließ ich zwar das Auge schweifen,
Doch es ist das Herz im stillen, ganz im stillen Dein gewesen:
Was zu Dir mich hingezogen, war Geschick und Gegenliebe,
Was an jene mich gefesselt, ist ein falscher Schein gewesen:
Richte nicht zu streng die Lieder, die ich nicht an Dich gerichtet,
Freilich solcher Lieder würdig wärst Du ganz allein gewesen.“

Umgehend sendet er sie mit den Worten nach Paris: „Ich fühle mich in den äußerst behaglichen Zustand versetzt, einem überaus liebenden und geliebten Freunde ruhig und ungezwungen zu bekennen, daß er mir unendlich teuer ist und daß ich keinen anderen finden konnte, der mir hätte Ersatz für ihn sein können.“ Weiter bittet Platen um ein Bild von Liebig, um Mitteilungen über sein Leben und seine Beschäftigung. — So kam der Briefwechsel wieder in rascheren Fluß. —

Der Aufenthalt in Paris war eine ungemein lehrreiche Zeit für Justus Liebig. Hier wurde ihm zum erstenmal der wahre Geist naturwissenschaftlicher Forschung vermittelt. „Die Vorträge von Gay-Lussac, Thénard, Dulong u. a.“ schreibt er, „hatten für mich einen unwiderstehlichen Reiz . . .“ „Die Vorlesung (Gay-Lussacs) bestand aus einer verständig geordneten Aufeinanderfolge von Phänomenen, d. h. von Versuchen, deren Zusammenhang durch die mündliche Erklärung ergänzt wurde. Für mich waren diese Versuche ein wahrer Genuß, denn sie redeten zu mir in einer Sprache, die ich verstand, und sie bewirkten mit dem Vortrage, daß die Masse von formlosen Tatsachen, die ungeordnet und regellos in meinem Kopfe durcheinanderlagen, einen bestimmten Zusammenhang bekamen.“

„Was in den französischen Vorträgen am meisten auf mich wirkte, war die innere Wahrheit derselben und die sorgfältige Vermeidung alles Scheines in den Erklärungen; es war der vollständigste Gegensatz der deutschen Vorträge, in welchen durch das Überwiegen des deduktiven Verfahrens die ganze wissenschaftliche Lehre ihre feste Zimmerung verloren hatte.“

Aber gleichzeitig regte ihn Platen dazu an, nebenher auch erhabene und ästhetische Dinge zu betreiben. „Ich zweifle keinen Augenblick,“ schreibt er ihm, „daß Du in den Wissenschaften, die Dir Beruf und Neigung sind, entschiedenes getan hast. Wiewohl nun aber Naturstudien den unschätzbarsten Gehalt des Lebens gewähren, so muß man doch noch etwas aus dem Reich des Menschlichen und Geistigen hinzugesellen, was eigentlich der allgemeineren und lebendigen Bildung erst näher bringt, und jede pedantische Behandlung der Wissenschaft zurückweist. Hierzu rechne ich besonders historische Kenntnisse und Sprachen“. Er rät ihm Englisch, Italienisch

und Spanisch zu treiben. „Wie viel neue Berührungspunkte würden wir finden, wenn wir einst Shakespeare und Calderon zusammen lesen würden.“ Und in einem anderen Brief schreibt Platen: „Da Paris so viel schönes bewahrt, so kann es Dir nicht fehlen, Deinen Geschmack für bildende Kunst zu üben.“

Durch solche Anregungen würde Liebig in jener Periode seines Lebens vor Einseitigkeit geschützt. und wenn man ihn heute allgemein zu den Meistern deutschen Stils rechnet, wenn kein geringerer als J. Grimm sagt: „Die Chemie kauderwälscht Latein und Deutsch, in Liebigs Munde aber wird sie sprachgewaltig,“ dann hat auf diese Vollendung Platen keinen geringen Einfluß gehabt. Das andere dürfte die französische Schulung erreicht haben. Wie elegant und klar ist die Abhandlung von Gay-Lussac und Liebig „Zerlegung des knallsauren Silberoxyds“ geschrieben!

Auch der Dichter hatte den bedeutenden Geist in Liebig sehr wohl erkannt, das zeigt uns u. a. eine Stelle seines Tagebuches vom 9. März 1823: „Er (Liebig) war der einzige, dessen Umgang mir einen reichlichen Gewinn verschafft haben würde, der einzige, dem ich meine Poësien, auch die an ihn gerichteten, mitteilen konnte, der einzige endlich, den ich mit wahrer, inniger Liebe liebte . . .“

Dieselben Gedanken sind in einem Sonett ausgesprochen, das Platen seinerzeit unter dem unmittelbaren Eindruck von Liebigs Bekanntschaft gedichtet hatte, und das er ihm jetzt nach Paris sandte:

„Den Freund ersehnend, welcher treu im Bunde
Mich reich ergänzen kann in Sein und Wissen,
Fühlt ich mein Herz durch manchen Wahn zerrissen
Und eitle Täuschung schlug mir manche Wunde.
Da bringt Dein Auge mir die schöne Kunde,
Da find ich Dich, um weiter nichts zu missen,
Wir fühlen beide schnell uns hingerissen,
Zu Freunden macht uns eine kurze Stunde.
Und kaum genießen wir des kurzen Dranges,
Als schon die Trennung unser Glück vermindert,
Beschieden uns vom prüfenden Geschicke.
Doch ihres innigen Zusammenhanges
Erfreun die Geister sich noch ungehindert,
Es ruhn auf goldner künftger Zeit die Blicke.“

In diesem geistvollen brieflichen Verkehr mit dem Dichter sehen wir bald auch Liebigs Gedanken höheren Flug nehmen, und in einer scherzhaften, phantasievollen Plauderei berichtet er dem Freunde am 16. Mai von seinen Studien in Paris: „Es ist eine ausgemachte Sache, daß die Witterung, die Temperatur und andere äußere Zufälligkeiten einen entschiedenen Einfluß auf das Denken und deswegen auch auf das Briefschreiben haben; der Mensch unterliegt diesem Einflusse trotz seines gebietenden Ichs; er hat das mit dem hygrometrischen Haar gemein, das sich verlängern oder verkürzen muß, wenn Feuchtigkeit in seiner Umgebung sich befindet oder nicht. Sicherlich ist bei mir ein solches äußeres Organ im Spiel, das mir das Schreiben an Dich zum Bedürfnis macht, da ich mich ja im andern Falle mit dem Denken an Dich hätte begnügen können; doch glaube ich deswegen noch nicht, daß vielleicht ein naher Komet Schuld daran sei, denn die Magnetnadel oszilliert nach wie zuvor, auch ist die Hitze nicht außerordentlicher als gewöhnlich um diese Zeit im Pariser Klima. Biots Vorlesung über die Zerlegung und Klassifizierung der Töne kann dieses auch nicht hervorgebracht haben, und doch wünschte ich, daß ich die Harmonika spielen könnte; ich würde jetzt spielen, und Du würdest vielleicht die Töne hören, die Dir sagen könnten, wie so herzlich ich Dich liebe. Gay-Lussac, der Entdecker der Gesetze, denen die Gase unterworfen sind, hat in seinen Vorlesungen noch weniger Anlaß dazu gegeben, und doch wünschte ich ein Gas zu sein, das sich ins Unendliche ausdehnen könnte; ich würde mich im Augenblicke mit dem Endlichen begnügen und würde mich nur bis Erlangen expandieren und Dich dorten als Atmosphäre umgeben; und es gibt Gase, die beim Atmen tödlich, andere, die liebliche Bilder erscheinen machen, so würde ich vielleicht ein Gas sein, das Dir Lust zum Briefschreiben und Freude und Lust am Leben erwecken könnte. Beutany kann mit seiner Mineralogie noch weniger dieses Bedürfnis hervorbringen, da er mir alle Hoffnung abschneidet, jemals den Stein der Weisen zu erhalten, und doch wünschte ich ihn, weil er mich instand setzen würde, Dich so glücklich als möglich zu machen, und mich fähig machen würde, mit Dir arabische und persische Rätsel zu lösen, was ich ohne diesen Wunderstein nie lernen würde. Ist es viel-

leicht Laplace mit seiner Astronomie? Dieser kann es auch nicht sein, er zeigt mir bloß den Meridian, in welchem Du lebst, ohne mir Deinen glücklichen Stern zu zeigen. Ebensowenig können es Cuviers Entdeckungen in der Natur sein, die mich zum Briefschreiben bewegten, denn der gute Mann hat trotz seinem Eifer noch nicht ein Tier, viel weniger einen Menschen finden können, der dem andern vollkommen gleich ist, er zeigt mir bloß, daß die Natur aus einer Leiter besteht, und läßt mich nur sehen, um wie viel Stufen ich noch unter Dir stehe. Oerstedt vielleicht bei seinem Hiersein hat mit seinem Elektromagnetismus dieses Rätsel bewirkt? Allein auch dieser ist es nicht, denn er nimmt in seinem Galvanismus keine Pole an, und ich fühle wohl, daß wir zwei Pole sind, die in ihrem Wesen unendlich verschieden, aber eben dieser Verschiedenheit halber sich anziehen müssen, denn Gleichartigkeit stößt sich ab. Du siehst, lieber Platen, daß ich nichts finde, was mir dieses Geheimnis aufklären könnte; ich bitte Dich in Deinem nächsten Brief um den Schlüssel."

Der Dichter, entzückt über diesen geist- und phantasievollen Brief, antwortete mit einer seiner schönsten Ghaselen:

„Wie, Du fragst, warum Dein Wohlgefallen
Mich erwählt, umschlossen hält vor allen?
Fragst, warum zu mir, dem Fernen, pilgernd
Deine heimlichsten Gedanken wallen?
Weiß ichs selbst? Vermag ich selbst zu fassen,
Welch ein schöner Wahn Dich überfallen?
Gibst Du Dich für mich? Du gleichst dem Wilden,
Eitlen Tand sich kaufend mit Metallen;
Nur Verwundrung kann der Niegeliebte,
Selten Treue Dir entgegenlallen;
Glaubst Du es nicht, es sei mein Herz die Zither,
Deren Saiten allgemach verhallen?
Fühlst Du nicht, daß diese leichten Lieder
Sterblich seien wie die Nachtigallen?
Aber fürchte nichts! dem Gläub'gen müssen
Selbst die Wolken sich zu Felsen ballen;
Wer vertraut, dem wird versteinert werden
Schwankes Schilf in ewige Korallen.
Laß mich fertigen das Diplom der Liebe,
Treuern Diener kannst Du nicht bestallen."

Daß Platen sich in dieser Ghasele einen Niegeliebten genannt hatte, schmerzte Liebig, denn er bezog es auf sich.

„Mit dem Niegeliebten machst Du mich ja zum Lügner, und mit dem Seltentreuen schälst Du Dich von meiner Liebe los. Keine Dunkelheit soll mehr unter uns Anlaß zu Mißverständnissen geben, das habe ich Dir versprochen. Diese Reflexionen sind deshalb hier nicht am Platz.“ Doch Platen tröstete ihn: „Weshalb verwundert sich denn der Dichter, als daß er, der Niegeliebte, nun geliebt wird? Das Niegeliebt kann sich also unmöglich auf Dich beziehen. Der „Seltentreue“ scheint auch von früheren mannigfachen Zuständen abstrahiert zu sein; denn gegen Dich könnte ich wohl treulos oder treu sein, aber unmöglich seltentreu.“

Über sein Leben und Treiben in Paris berichtet Liebig dem Freunde am 24. April 1823: „— — So wenig es auch in Paris an Zerstreuungen und Vergnügungen aller Art fehlt, fühle ich doch in diesem geräuschvollen Leben und Treiben die größte Leere, die mir hier nichts auszufüllen vermag, da ich nicht dafür geboren bin. — Die Wissenschaft allein ist es, die mich in Paris festhält, außer dieser ist nichts, was mir die verflossenen sechs Monate einige Freude gemacht hätte. Im Anfang, wo ich mich in der Sprache noch schwerfällig bewegte, fand ich es ganz unerträglich, die Franzosen ekelten mich an, und den Umgang mit Deutschen vermied ich. Die zahlreichen herz- und geistlosen Gesellschaften machten mir immer die größte Langeweile, bis ich mich endlich entschloß, keine mehr zu frequentieren. Nun habe ich alles Störende von mir geworfen und befinde mich wohl dabei, bin der sogenannten Freundschaften herzlich müde und werde mich, da ich Dich wieder besitze, mit Dir und wenigen anderen begnügen.“

Inzwischen schmiedete er Pläne für die Zukunft, und ein von Kastner verfaßtes, bisher nicht bekannt gewordenes Aktenstück[1]) der philosophischen Fakultät Erlangens gibt uns darüber Auskunft. Danach wollte Liebig noch ein Jahr nach London und nach Stockholm (zu Berzelius), um sich weitere praktische Kenntnisse anzueignen. Das nötige Stipendium wollte der Großherzog indessen nur gewähren, wenn ihm ein öffentliches Zeugnis von der Tüchtigkeit des Bittstellers vorgelegt würde. Darum beantragte Kastner auf Liebigs Bitte am 20. Juni 1823

[1]) Im Anhang wörtlich abgedruckt.

bei der philosophischen Fakultät der Universität Erlangen, Liebig in absentia zum Doktor zu promovieren.

Indem er seinen ehemaligen Schüler der Fakultät empfiehlt, betont Kastner, daß Biot, Vauquelin, Gay-Lussac u. a. m. ihm viel Schmeichelhaftes über Liebigs Kenntnisse gesagt hätten und den jungen Mann sehr achteten. Außerdem habe Liebig bereits mehrere Abhandlungen fertiggestellt, die teils schon veröffentlicht wären, teils gerade gedruckt würden. „Die Beantwortung einer Frage lege ich bei, sie zeugt von tiefer Kenntnis der Physik und Chemie, und ich habe sie zum Drucke bestimmt für eines der nächsten Hefte des Repertoriums der Pharmazie[1])." Die Frage, welche man Liebig gestellt hatte, lautete: Wie verhält sich die Mineralchemie zur Pflanzenchemie? und ihre Beantwortung wurde Liebigs Doktordissertation[2]). Auf Antrag des Dekans wurde der „so würdige und von Kastner so warm empfohlene Kandidat" am 21. Juni 1823 in absentia zum Doktor der Philosophie in Erlangen promoviert.

In seiner Doktorarbeit schwang Liebig zum ersten Male jene Peitsche der Kritik und des Spottes, die wir in seinem späteren Leben so oft knallen hören, und wir bewundern den kritischen Scharfblick und das treffende Urteil des Zwanzigjährigen. Im Mai 1823 schreibt er an Platen: „Du weißt, daß ich schon mehrere chemische Produktionen in der Welt herumlaufen habe, ich mache Dich auf meine letzte aufmerksam, worüber Dir Kastner nähere Nachricht geben kann. Es ist eine kleine Übersicht über den Zustand der jetzigen Theorie. Glaube übrigens ja nicht, daß ich den geringsten Wert auf diese traurigen Sachen lege; ich ärgerte mich immer zehn Wochen nachher noch darüber, wenn ich sie abgeschickt hatte, ich betrachte sie nicht anders als Spott- und Schmähschriften, denn nur dadurch werden die andern auf ihren eigenen Unsinn aufmerksam."

„Ich bin soeben mit einem Werk über die neuere Chemie beschäftigt, das mich wohl noch einige Jahre in Atem halten wird. Es ist wahrlich traurig, wie sehr in der neueren Zeit

[1]) Ist aber nicht darin erschienen.

[2]) Von einer weiteren Abhandlung „de luce et calore", die Liebig in Aussicht gestellt hatte, sah man ab (s. Rothes Schreiben im Anhang).

der Ruhm der Deutschen in der Physik, Chemie und den anderen Naturwissenschaften geschwunden ist: kaum ist noch ein Schatten übrig geblieben, und um diesen Schatten reißen sie sich wie bissige Hunde. Der jetzige Chemiker, der genug zu tun hat, wenn er nur seine unerschöpfliche Wissenschaft umfassen will, maßt sich den Philosophen zu spielen an, und darüber geht sein Wirken verloren. Recht vortrefflich ist es, wenn er seine Wissenschaft philosophisch ergreift und erfaßt, und dadurch in die tote Masse Geist und Leben bringt, allein er darf seine Grenzen als Chemiker nicht überschreiten, da bei ihm das Philosophieren Lachen erregt. Es existieren kaum die nötigen Gesetze, um den ungeheuren Bau dieser Wissenschaft ein wenig zusammen zu leimen, allein desungeachtet wird darauf los systematisiert und Hypothesenkrämerei getrieben, daß einem der Kopf schwindelt. Die Franzosen und Engländer schlagen ganz den entgegengesetzten Weg ein: hier ist die Wissenschaft bloß ein mechanisches Mauerwerk, die quasi mathematische Art, wie man sie behandelt, läßt gar kein Räsonnement zu; doch ist sie im Augenblick sehr gut, sie hat in der neueren Zeit die herrlichsten Entdeckungen herbeigeführt und ist besonders für das Leben von außerordentlichem Nutzen. Die schwedische und jetzt auch die dänische Schule (Berzelius, Oersted) schlägt den goldenen Mittelweg ein, und wir haben noch mehr zu erwarten.“ Muß man nicht staunen über den kritischen Scharfsinn des zwanzigjährigen Jünglings, der imstande ist, mit so klarem Geiste zu erkennen, wo die Mängel und Vorzüge der herrschenden Anschauungen liegen? Aus diesen Erkenntnissen wurde sein reformatorischer Eifer geboren. —

Inzwischen waren seine wissenschaftlichen Arbeiten tüchtig vorangeschritten. Er hatte gefunden, daß dem Knallsilber eine neue, bisher unbekannte Säure zugrunde lag, die er Knallsäure nannte, weil ihre Salze explosiv sind. Die Arbeit erregte Aufsehen, Gay-Lussac verfaßte ein Mémoire darüber, und Liebig durfte seine Resultate in einer Sitzung der Akademie der Wissenschaften in Paris vortragen. Dies Ereignis ist von entscheidender Bedeutung für seine Zukunft geworden.

Während er mit dem Zusammenpacken seiner Präparate beschäftigt war, näherte sich ihm aus der Reihe der Mitglieder

der Akademie ein Mann und knüpfte eine Unterhaltung an. Mit der gewinnendsten Höflichkeit wußte er den Gegenstand seiner Studien und alle seine Beschäftigungen zu erfahren und lud ihn schließlich zum Mittagessen ein. Aus Unerfahrenheit und Scheu hatte es Liebig unterlassen zu fragen, wer so gütig zu ihm war, und als er sich bei einem Unterbeamten der Akademie nach jenem freundlichen Manne erkundigte konnte ihm dieser keine Auskunft geben. — „Aber warum kamen Sie gestern nicht zu Tisch bei Humboldt? Er hatte Gay-Lussac und andere Naturforscher geladen und wollte Sie denen vorstellen," so fragte einer der Gäste einige Tage später unsern Justus. Der Schreck! Spornstreichs lief er nach Humboldts Wohnung, und den vortretenden Diener zurückdrängend, gab er nicht eher Ruhe, als bis er vor dem gefeierten Gelehrten stand. Auf die Entschuldigungen und Beteuerungen erklärte Humboldt lächelnd, daß der Schaden ja heilbar sei, und knüpfte eine Unterhaltung mit ihm an. Da erfuhr er Liebigs höchsten Wunsch. Wenn es ihm nur vergönnt sein könne, mit Gay-Lussac zu arbeiten, dann würde er alles erreicht haben, von dem er geträumt. Und Humboldt verhalf ihm dazu, denn der geniale französische Meister nahm keinen ohne Empfehlung auf. Im Sommer 1823 richtete sich Liebig in Gay-Lussacs weltberühmtem Laboratorium ein, und der Meister ging ihm in der Untersuchung der Knallsäure an die Hand.

Es handelte sich besonders darum, die chemische Zusammensetzung der neuen Säure zu finden, und das war bei deren explosivem Charakter nicht leicht. Nun hatte vor kurzer Zeit Gay-Lussac die Methode der Analyse organischer Körper so außerordentlich verbessert, daß man damit einen sehr hohen Grad von Genauigkeit erreichen konnte. Danach versuchte er mit Liebig auch die Salze der Knallsäure zu analysieren. Das war aber nicht so leicht bei einer Verbindung, die beim Erwärmen explodierte. Nach mancherlei Bemühungen überwanden sie aber die Schwierigkeiten, nicht zum geringen Teil durch die Anwendung von Kupferoxyd. Später hat Liebig diesen Körper zu allgemeiner Verwendung in der organischen Analyse vorgeschlagen, und noch heute ist er in Gebrauch.

Das war wohl die schönste Zeit, die Liebig in Paris verbrachte. Im täglichen persönlichen Verkehr mit dem

Meister erhielt er Anleitungen und Anregungen, durch die es ihm möglich wurde, die Träume seiner Jugend zu erfüllen. Gern hat er später erzählt, welche Freude dem großen Gay-Lussac das Forschen und Entdecken machte. Wenn sie eine der schwierigen Analysen glücklich beendet oder ein entscheidendes Resultat erhalten hatten, dann faßte der Lehrer den Schüler bei den Schultern und tanzte mit ihm um den Tisch herum.

In jenen Tagen mag Liebig der reformatorische Gedanke gekommen sein, dessen Durchführung die Ursache für Deutschlands spätere Größe in der chemischen Wissenschaft wurde. Wie hier in Gay-Lussacs Laboratorium die chemische Forschung betrieben wurde, das war die richtige Art. So mußte ein Meister seine Schüler zum Experimentieren anleiten und wenn auch nicht in so elementarer, so doch in unverkennbarer Weise die Liebe und Freude an der Forschung in die empfänglichen Seelen der Jugend legen. Aber nicht nur bevorzugten und besonders empfohlenen Schülern sollten diese Vorteile zukommen, allen Studierenden der Chemie müßte solche Gelegenheit gegeben werden. So wollte er es einmal halten. — Früher, als er ahnte, wurde ihm Gelegenheit dazu gegeben. Die Arbeit von Gay-Lussac und Liebig über die Knallsäure erregte großes Aufsehen. Kaum war ein Fall einer so schwierigen und gefahrvollen Untersuchung bekannt geworden. Das Talent und Geschick Liebigs hatte auch Gay-Lussac imponiert, und seinem Einfluß ist es wohl zu danken, daß Humboldt den 21jährigen Liebig, als er im Frühjahr 1824 Paris verließ, auf das wärmste an den Großherzog Ludwig I. von Hessen empfahl. Noch in demselben Jahre ernannte ihn dieser sein Landesfürst aus eigener Entschließung und ohne die Universität vorher in Kenntnis zu setzen zum außerordentlichen Professor der Chemie in Gießen. Freudestrahlend berichtet Liebig sein Glück dem Freunde nach Erlangen.

Jetzt, wo die Freunde sich räumlich wieder näher kommen, versprechen sie sich alle 14 Tage zu schreiben, aber die zunehmende Arbeitslast Liebigs verursacht es, daß seine Briefe immer seltener werden. Jubelnd verkündet er zwar noch am 1. Juni 1825 dem „köstlichen Sänger der Liebe“ seine Verlobung mit Henriette Moldenhauer und lädt ihn zu einem Besuche ein. Als sich die Freunde aber Jahre lang nicht sahen

und Liebig immer mehr von seinen Forschungen und den Verpflichtungen seines Lehramts in Anspruch genommen wurde, da gingen die Lebenswege beider mehr und mehr auseinander. Nur hie und da winkt der eine dem andern aus weiter Ferne einen Gruß zu, bis ein allzufrüher Tod den Dichtermund auf ewig schloß (1835). —

Mit seiner Berufung nach Gießen sind Liebigs Wanderjahre abgeschlossen. Hatte ihn ein günstiges Geschick überraschend schnell in Amt und Würde eingesetzt, so war er doch keineswegs auf Rosen gebettet. Seine Ernennung hatte in Gießen das peinlichste Aufsehen erregt. Weder Fakultät noch Senat waren in Betreff seiner Berufung gefragt worden, und dabei hatte der Favorit des Fürsten nicht einmal seinen Doktorgrad an der Gießener Universität erworben. Erst als er ein Examen bestanden hatte, wurde er anerkannt. Aber ein Laboratorium erhielt er erst zwei Jahre später, nachdem er zum ordentlichen Professor befördert war. Es bestand aus einem Gebäude, das früher als Gendarmeriekaserne gedient hatte, und bot ihm im Grunde nichts anderes als vier leere Wände. Die teuren Apparate und die kostspielige Einrichtung mußte er fast ganz aus eigenem bestreiten. Bescheiden fing er an. Zwei Praktikanten bevölkerten im ersten Semester das neu gegründete „pharmazeutisch-chemische Institut“. Aber schon nach wenigen Jahren strömten aus allen Teilen Deutschlands so viele Schüler zu, daß das Laboratorium jahraus, jahrein überfüllt war. Von früh morgens bis spät in die Nacht hinein wurde in dem kleinen Raum gearbeitet. Und Liebig wußte seine Schüler anzuregen. Jeder konnte von ihm Auskunft erhalten, und jeden feuerte er zu neuen Entdeckungen an. Dabei war er bestrebt, alles mit den einfachsten Mitteln auszuführen, und vor allem versuchte er die Methode der organischen Analyse zu vereinfachen. An Genauigkeit ließ Gay-Lussacs Methode nichts zu wünschen übrig, aber sie gab nur gute Resultate, wenn sehr geübte Experimentatoren sie ausführten, für die Studenten war sie viel zu schwer. Da erfand Liebig 1830 seinen Kaliapparat, durch den die Apparatur der sogenannten Elementaranalyse sehr vereinfacht wurde. Selbst wenig geübte Leute konnten sie nun erlernen. Wenn es jetzt auch

bequemere Apparate zur Absorption der Kohlensäure bei der Analyse organischer Körper gibt, so ist doch auch der Liebigsche Kaliapparat noch hie und da in Gebrauch.

Nun konnten die Produkte des Tier- und Pflanzenreiches auch von weniger geübten Händen analysiert und damit wissenschaftlich untersucht werden. Indem Liebig seinen in analytischen Arbeiten ausgebildeten Schülern solche Untersuchungen übertrug und sie in fortwährendem persönlichen Verkehr anleitete und förderte, bildete er angehende Forscher heran, von denen viele später die erworbenen Fähigkeiten in Wissenschaft und Industrie höchst fruchtbringend verwerteten. So hat er in Deutschland eine vortreffliche Schule begründet, und das war seine erste große reformatorische Tat. Bald folgte die zweite.

In Gemeinschaft mit Friedrich Wöhler untersuchte er das Öl der bitteren Mandeln und dessen Derivate. So entstanden die klassischen „Untersuchungen über das Radikal der Benzoësäure", von denen Berzelius prophetischen Geistes sagte, sie wären der Anbruch eines neuen Tages für die organische Chemie. Und in der Tat hat diese Wissenschaft infolge der Ideen, die in jenen Abhandlungen ausgesprochen waren, in gewaltigem Aufschwung sich unaufhaltsam zu jener imponierenden Größe ausgewachsen, in der sie heute vor uns steht.

Bald erlangte das kleine Institut in Gießen einen Weltruf. Nicht nur aus allen Teilen Deutschlands, aus aller Herren Länder strömten Schüler herbei, und war es nicht die höchste Anerkennung, daß der große Gay-Lussac seinen eigenen Sohn nach Gießen schickte, um bei Liebig zu studieren!

Aber während Schüler die gefundenen Wege verbreiterten und ausbauten, drang der Meister durch Dorngestrüpp und Urwald weiter vor in das Land der Forschung, neue Wege weisend und ferne Gegenden erobernd. Es muß die Aufgabe einer ausführlichen Biographie bleiben, Liebigs Forschungen eingehend zu besprechen. Das aber sei hier hervorgehoben, daß er alle Zweige der Chemie befruchtete. Nicht nur die organische, sondern auch die unorganische und analytische Chemie verdankt ihm wesentliche Förderung. Die Agrikulturchemie aber hat er erst ins Leben gerufen, und welch außerordentliche Anregungen ihm Physiologie, Pathologie und Medizin überhaupt

verdanken, das ist von fachmännischer Seite[1]) erst vor einigen Jahren dargelegt worden. Nehmen wir seine Verdienste um die chemische Industrie und die große Wohltat hinzu, die er mit seinem Fleischextrakt der ganzen Menschheit erwies, überblicken wir seine literarische Wirksamkeit, die sich auch auf treffliche populäre Darstellungen in seinen chemischen Briefen erstreckte, so erkennt man staunend, wie umfangreich sein Wirken war. Auch segensreich ist es gewesen, denn viele seiner wissenschaftlichen Errungenschaften sind heutzutage Gemeingut aller Chemiker geworden. Manche seiner Beobachtungen hat er nicht richtig gedeutet. Im Feuer der weiteren exakten Forschung gestaltete gar manches sich anders, als er glaubte. Aber ist Kolumbus, als er Amerika entdeckte, etwa deshalb geringer zu preisen, weil er zuerst glaubte in Indien gelandet zu sein?

Liebigs äußerer Lebenslauf war einfach, aber höchst ehrenvoll. Aus Dankbarkeit für das Land, das seine Ausbildung bestritten hatte, lehnte er ehrenvolle Rufe nach Heidelberg, Wien, Petersburg und anderen Universitäten ab. Auch mit München wäre es ähnlich gegangen, wenn nicht das persönliche Eingreifen des hochgesinnten Königs Maximilian II. ihn gewonnen hätte. So siedelte Liebig 1852 in die bayerische Hauptstadt über und wirkte hier, zuletzt als Präsident der Akademie der Wissenschaften, bis zu seinem Lebensende. Er starb nach kurzem Krankenlager am 18. April 1873.

Welch ein erstaunlicher Weg von dem als hoffnungslos unbrauchbar entlassenen Gymnasiasten bis zum Präsidenten einer hervorragenden Akademie der Wissenschaften, der höchsten Ehrenstelle, die einem Gelehrten zuerkannt wird! Das ist die Laufbahn eines unzweifelhaften und großen Genies. Versuchen wir es, einige der treibenden und bedingenden Kräfte aufzusuchen, die ihn zu dem geführt haben, was er geworden ist. Dass er sich früh mit chemischen Experimenten beschäftigte, war bei den Verhältnissen im Elternhause nichts besonderes. Daß sich aber aus den Spielereien der Kinderjahre ohne Ermunterung von außen, ganz von selbst jener gewaltige Forscherdrang ent-

[1]) Klemperer, Justus Liebig und die Medizin. Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte zu München, 1. Teil, S. 123.

wickelte, der ihn trotz der ungünstigsten, ja widrigsten Verhältnisse nicht eher ruhen ließ, als bis er auf dem richtigen Weg zu seinen Idealen war, das hebt ihn gleich himmelhoch über alles alltägliche hinweg. Schon in den Kinderjahren eignete er sich ganz von selbst eine besondere Art zu denken an, die zwar ganz anders war als die, welche man der Jugend anerzog, die aber auch anderen großen Genies, wie Goethe, Mozart, Napoleon, Faraday u. a., nachgerühmt wird. Das war das gegenständliche Denken. Alles, was er sah und hörte, gestaltete sich in seiner Phantasie zu einem Bilde, das sich als solches dem Geiste einverleibte und darin mit photographischer Treue haftete. Hierdurch verfügte er über ein phänomenales Gedächtnis und war z. B. imstande, ein einmal gesehenes Präparat so genau zu beschreiben, daß sein Assistent es aus tausend anderen nach Liebigs Beschreibung herausfand.

Und diese Denkweise in Bildern übertrug sich auf seine Rede und Schrift. Es wird oft als charakteristisch für Liebigs Satzbau hervorgehoben, daß er den Hauptbegriff voranstellte, noch ehe er den Satz logisch geordnet hatte, und dann den Zusammenhang mit dem persönlichen Fürwort wieder aufnahm. Dies scheint mir ein getreues Abbild seines Gedankenganges zu sein. Wenn er sagte: „Die Gesetze der Natur, sie sind ewig und unveränderlich", oder „Der Sauerstoff, er ist ein farbloses Gas", so traten bei der Nennung des Hauptworts die Gesetze der Natur gewissermaßen auf Tafeln geschrieben oder der Sauerstoff als körperliches Gebilde vor sein geistiges Auge, und er las ihre Eigenschaften ab.

Wie ein roter Faden zieht sich von der frühesten Jugend bis zum Tode ein unstillbarer Forscherdrang und die Liebe zur Erkenntnis der Wahrheit durch sein Leben. Sie waren es, die ihn veranlaßten, in der Forschung nicht nur das Nötige, sondern ein Übriges zu tun und den Erkenntnissen seiner Wissenschaft auch Geltung zu verschaffen. Wer sich widersetzte und den Stürmer zurückzudrängen suchte, den ließ er seine kritische Geißel spüren, mochte er ein Deutscher oder Ausländer, hoch oder niedrig sein, und so hat er es nicht unterlassen, u. a. auch der preußischen Regierung für Unterlassungssünden gelegentlich tüchtig den Text zu lesen. Es war aber die aufrichtigste Gesinnung, die ihn hierzu trieb, und wenn er über das Ziel hinaus-

geschossen oder sich geirrt hatte, dann scheute er sich nicht, den Irrtum einzugestehen oder die alte Ansicht zu verlassen, und mehr als einmal hat er zu seiner Umgebung gesagt: „Ich mache mir nichts daraus, wenn mir andere die Federn ausreißen, die ich im Begriff war bei der nächsten Mauser selbst abzuwerfen. Nur den mag das bekümmern, dem keine Federn nachwachsen."

Und der ihm von Natur eingepflanzte Forschungsdrang wurzelte in einem unendlich reichen Geiste. „Früher griff ich," so schreibt der alternde Liebig einmal seinem Freunde Mohr, „wenn sich mir eine Frage zeigte, wie mit der Hand in einen vollen Korb und nahm die Antwort heraus; jetzt muß ich schon lange nachdenken".

So hat sich seine schöpferische Kraft in unvergänglichen Leistungen betätigen können. Eine gewaltige nationale Tat hat Liebig vollbracht. Mit kräftigen Armen hat er die verachtet darniederliegende deutsche chemische Wissenschaft aufgerichtet und mit jenem Feuergeiste beseelt, der sie zu Großtaten begeisterte, die heute die Welt bewundert. Aber weit über Deutschlands Grenzen hinaus hat er die Kulturentwicklung der ganzen Menschheit in neue, ungeahnte, nie dagewesene Bahnen geleitet: „Drum kann die Spur von seinen Erdentagen, nicht in Äonen untergehn."

Anlagen.

Acta
der
philosophischen Fakultät zu Erlangen.

1823 Die Promotion
Fasc. 37. des Cand. phil. Liebig betr.

Erlangen, d. 20. Juni 1823.

Decane spectabil.!

Hochverehrte Herrn Kollegen!

Anliegend habe ich die Ehre, das Gesuch[1]) meines ehemaligen Schülers Liebig: die philosophische Doktorwürde betreffend, mit der ergebensten Bitte um gütige Willfahrung zu überweisen.

---

[1]) Dies Gesuch und das curriculum vitae sind nicht mehr vorhanden.

Durch meine Empfehlung erhält derselbe eine Pension von seinem Landesherrn, dem Großherzog von Darmstadt, und dieselbe hoffe ich verdoppelt zu sehen, so daß mein Zögling noch ein Jahr in Paris und dann in London und Stockholm (bei Berzelius) sich praktische Kenntnisse zu erwerben vermag, wenn es mir gelingt, durch das gewünschte Doktordiplom ein öffentliches Zeugnis der Tüchtigkeit des Bittenden dem Großherzog vorlegen zu können. Indes eilt die Sache, da ohne Liebigs und meine Schuld die litt. pet. in Darmstadt lange liegen geblieben sind.

Die Beantwortung einer Frage lege ich bei; sie zeugt von tiefer Kenntnis der Physik und Chemie und ich habe sie zum Drucke bestimmt für eines der nächsten Hefte des Repertoriums der Pharmazie[1]); ein Exemplar werde ich dann seinerzeit der hohen Fakultät statt dieses Manuskriptes zu überreichen die Ehre haben. Die Beantwortung neuer Fragen würde bei der grossen Entfernung und dem dringenden Bedürfnis Liebigs, bald mit dem Doktortitel beehrt zu sein, fast unmöglich werden.

Noch lege ich ein Exemplar des Repertoriums Band XIII Heft 2 bei, worin sich zwei Abhandlungen von Liebig befinden, die sehr gut aufgenommen worden sind; ich erbitte mir dieses Heft zurück und werde dagegen auf Verlangen ein anderes herbeischaffen.

Außerdem erscheinen noch von ihm in diesem Augenblicke mehrere kleine Abhandlungen in einem dänischen von Örsted besorgten und in einem französischen Journale. Biot, Vauquelin, Gay-Lussac u. m. a. achten ihn sehr und haben mir über seine Kenntnisse viel Schmeichelhaftes gesagt. Er könnte in Gießen promovieren, wünscht aber von derjenigen Fakultät promoviert zu sein, von welcher ich Mitglied bin. 66 Flor. liegen bei mir bereit. Dec. spect. und meine hochv. Herren Kollegen würden durch Gewährung der Bitte sehr verbinden

Ihren

ergebensten Kastner.

[1]) Wie verhält sich die Mineralchemie zur Pflanzenchemie? so lautete die Frage. Die Beantwortung Liebigs war weder in den Akten aufzufinden, noch ist sie im Repertorium der Pharmazie erschienen. Über die möglichen Gründe s. S. 138, Zeile 19—32.

Bericht des Dekans Dr. Rothe an die Fakultät.

Hochzuverehrende Herren Kollegen!

Beiliegendes, von unserem verehrten Herrn Kollegen, hochwohlgeb. Kastner mir gestern übersendetes und von demselben in einem Begleitungsschreiben teilnehmend empfohlenes Gesuch des Herrn Justus Liebig aus Darmstadt (eines ehemaligen Schülers dieses, unseres Herrn Kollegen), der auch auf unserer Universität mehrere Vorlesungen gehört hat, um die philosophische Doktorwürde, bringe ich hiermit nebst Beilagen zur ungesäumten Vorlage.

Ich lege vor: 1. litter. petit. 2. curriculum vitae (beide nach meiner Ansicht in sehr gutem Latein geschrieben). 3. Die deutsche Beantwortung einer von Herrn Hofrat Kastner ihm vorgelegten Frage: Wie verhält sich die Mineralchemie zur Pflanzenchemie? 4. Ein Exemplar des Repertoriums für die Pharmazie, herausgegeben von unserem Kollegen Kastner, worin sich zwei Abhandlungen des H. Kandidaten (Seite 280 und 300) befinden, das sich aber unser Herr Kollege nachher wieder zurückerbittet, und 5. das oben erwähnte Begleitungsschreiben.

Aus letzterem geht hervor, daß die unter 3. aufgeführte Beantwortung zum Druck bestimmt ist, daher H. Kollege Kastner sich das Manuskript zurückerbittet, um in der Folge statt dessen ein gedrucktes Exemplar den Promotionsakten beizulegen.

Ich würde vorschlagen, gedachte Beantwortung als Inauguraldissertation zu betrachten, und als solche auf dem Diplom aufzuführen, wenn der Herr Kandidat nicht noch eine besondere Inauguraldissertation de luce et calore in der litt. pet. noch nachzuliefern versprochen hätte.

Ich schlage vor, daß diese mir ganz unbedenklich scheinende Promotion eines so würdigen, von unserem Herrn Kollegen so warm empfohlenen Kandidaten schleunigst vollzogen und das Diplom hierüber unumgänglich ausgefertigt werde, und bitte nur noch um die Bestimmung, ob der, erst in der Folge zu leistenden Inauguraldissertation auf dem Diplom gedacht werden soll oder nicht, und in welchem Falle mit welchen Worten?

Die Gebühren mit 66 fl. liegen bei unserem Herrn Kollegen

Hochwohlgeb. Kastner nach seiner Erklärung im Begleitungsschreiben bereit.

Hochachtungsvoll verharrend

Erlangen, den 21. Juni 1823. D. Heinrich August Rothe
d. Zt. Dekan.

„Über die Hauptfrage trete ich spect. Decano, und über die Nebenfrage dem Wunsche ill. Kastneri et futuris majoribus bey.
Breyer."

„Ich trete ebenfalls Spectabili Decano bey, mit der Bemerkung, daß auf dem Diplom durchaus eine wirklich gelieferte Dissertation genannt werden müßte, folglich nur die unter 3. genannte über das Verhältnis der Mineralchemie zur Pflanzenchemie aufgenommen werden könne.
D. Mehmel."

Die Promotion wurde somit ohne Widerspruch vollzogen, und nachdem der Akt an Kastner zurückgegangen war, schrieb dieser noch darauf:

„Ich wünsche, daß, wie bei Bischoff der Dissertation gar nicht auf dem Titel gedacht werde, und danke verbindlichst für die Gewährung meiner Bitte.
Kastner."

Benutzte Literatur.

Justus von Liebig. Eigenhändige biographische Aufzeichnungen. Mitgeteilt von Dr. Georg Frhr. von Liebig. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. 23, Abt. III, S. 817 u. ff.

Die Tagebücher des Grafen von Platen, herausgegeben von Laubmann, Bd. II.

Carrière, Liebig und Platen. In des Verf. Lebensbildern. Leipzig 1890.

F. Mohr, Justus von Liebig, ein Mann der Wissenschaft und des Lebens. Westermanns Monatshefte 1873, S. 583.

Hase, Ideale und Irrthümer. Leipzig, Brockhaus. 1873.

Zur Geschichte des Anthranils.[1]

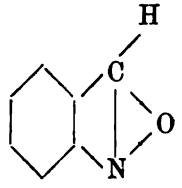
Von Gustav Heller.

Aus dem chemischen Institut der Universität Erlangen.

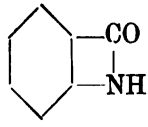
Vorgetragen in der Sitzung vom 7. Dezember 1903.

Im Jahre 1882 gelang es Friedländer und Henriques[2]) bei der Reduktion des o-Nitrobenzaldehyds als Zwischenglied des eigentlichen Reduktionsproduktes, des o-Aminobenzaldehyds, eine Verbindung zu isolieren, welche sich vom Nitroaldehyd durch den Mindergehalt von zwei Sauerstoffatomen unterscheidet. Diese Substanz, Anthranil genannt, ist ein farbloses Öl, welches auch in der Kältemischung nicht erstarrt, schwach basisch ist, sich mit Wasserdämpfen leicht verflüchtigt, nach Benzaldehyd und zugleich nach Pflanzenbasen riecht und als charakteristischstes Derivat eine Molekularverbindung mit Quecksilberchlorid im Verhältnis 1:1 bildet.

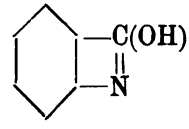
Für die Konstitution dieser Verbindung kommen von vornherein folgende drei Symbole in Betracht, von denen jedoch



I



II



III

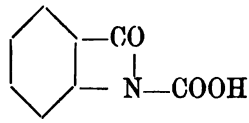
das dritte ausscheidet, da dieses Alkalilöslichkeit des Anthranils bedingen sollte, welche dasselbe indessen nicht besitzt. Um

[1]) Zusammenfassung der Arbeiten über Anthranil; eigene Publikationen: Liebigs Annalen 324, 133; Berichte der deutsch. chem. Ges. 36, 2762 u. 4178.

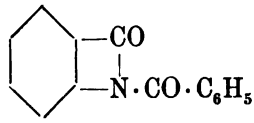
[2]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 15, 2105.

eine Auswahl zwischen den beiden anderen Formeln treffen zu können, war zunächst nicht viel experimentelles Material vorhanden; indes ließ der Umstand, daß die Base durch kochendes Alkali zur Anthranilsäure aufgespalten wurde, Friedländer vermuten, daß dieselbe nach Formel II zusammengesetzt sei. Mit dieser Auffassung war auch die bald darauf[1]) gefundene leichte Überführbarkeit in o-Aminobenzaldehyd durch Reduktion sehr wohl vereinbar.

Im folgenden Jahre nahm Friedländer in Gemeinschaft mit Wleügel[2]) die Untersuchung des Anthranils wieder auf, und sie beobachteten, daß dasselbe durch die Einwirkung von Chlorkohlensäureester in Anthranilkarbonsäure übergeführt werden kann. Diese Verbindung, welcher die Forscher die Formel



zuerteilten, ist indessen nichts anderes als Isatosäure, welche zuerst von Kolbe durch Oxydation des Isatins erhalten wurde. Sie zeigten ferner, daß Anthranil mit Benzoylchlorid reagiert, wobei sich Benzoylanthranil von der Formel



bildet. Die Substanz wird durch verdünnte Alkalien leicht zur Benzoylanthranilsäure aufgespalten und letztere wieder durch Kondensationsmittel in Benzoylanthranil zurückverwandelt. Aus dieser Beobachtung ergibt sich, daß das Anthranil eine Imidogruppe enthält, und infolgedessen entschied sich Friedländer endgültig für die Formel II und faßte somit das Anthranil als das Anhydrid der Anthranilsäure auf.

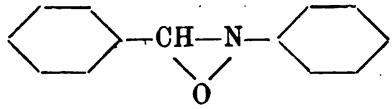
In demselben Jahre fanden Schillinger und Wleügel[3]) eine neue Bildungsweise der Base. o-Nitrophenyloxyakrylsäure

---

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 15, 2575.
[2]) ibid. 16, 2229.
[3]) ibid. 16, 2222.

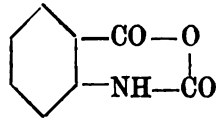
geht durch Kochen mit Wasser in Anthranil über, wobei sich nebenher Anthroxanaldehyd bildet. Diese Reaktion erscheint bei ihrer Kompliziertheit nicht geeignet, Licht auf die Konstitution des Anthranils zu werfen.

Die Untersuchungen über die Verbindung ruhten jetzt längere Zeit, bis im Jahre 1894 Eug. Bamberger[1]) beobachtete, daß Phenylhydroxylamin mit Benzaldehyd unter Wasseraustritt ein Kondensationsprodukt bildet, welches leicht entsteht, aber auch wieder leicht gespalten wird, und dem er folgende Formel zuschreibt:



Diese Tatsache bestimmte Friedländer, in Gemeinschaft mit Schreiber[2]) 1895 seine Untersuchung über das Anthranil wieder aufzunehmen, und er kommt jetzt zu der Ansicht, daß die Reduktion des o-Nitrobenzaldehyds in der Weise verlaufe, daß sich die Nitrogruppe zunächst zur Hydroxylaminverbindung reduziere und dann Wasser abgespalten werde. Hier liege nun derselbe Fall vor wie bei der vorhin erwähnten Bamberger schen Verbindung; Hydroxylamin- und Aldehydgruppe kondensieren sich mit einander, und das Anthranil müsse demnach auch in derselben Weise konstituiert sein, also die Formel I besitzen. Für diesen Umstand spricht auch die Tatsache, daß sich der Übergang von Anthranilsäure zum Anthranil durch das Experiment nicht verwirklichen läßt. Aus diesen Gründen kommt Friedländer jetzt zu der Ansicht, daß das Anthranil nicht das Anhydrid der Anthranilsäure, sondern des o-Hydroxylaminobenzaldehyds sei.

Im Jahre 1899 äußerte sich Ernst Erdmann[3]) über die Konstitution der Verbindung gelegentlich seiner Arbeit über Isatosäure, in welcher er die wahre Formel

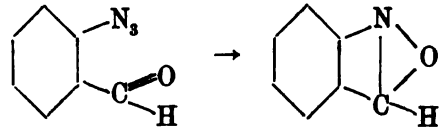


[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 27, 1556.
[2]) ibid. 28, 1383.
[3]) ibid. 32, 2162.

der oben erwähnten Verbindung beweist. Er wägt die Gründe für und gegen die beiden Formeln ab und kommt zu der Ansicht, daß die Karbonimidformel II immer noch am besten den vorliegenden Tatsachen entspreche.

Das Interesse der Chemiker für die eigenartige Verbindung war jetzt erwacht. Im Jahre 1901 nahmen Buhlmann und Einhorn[1]) das Studium des Anthranils auf. Sie erhielten durch Einwirkung von Hydroxylamin bei gewöhnlicher Temperatur ein Additionsprodukt beider Substanzen in molekularen Verhältnissen, welches durch Reduktion leicht in o-Amidobenzaldoxim übergeht. Letztere Verbindung entsteht auch, wenn man die Agentien bei höherer Temperatur auf einander reagieren läßt. Ferner erhielten sie durch Wechselwirkung von Anthranil und Phenylhydrazin in eisessigsaurer Lösung gleichfalls ein Additionsprodukt, welches beim Erhitzen in Eisessig oder bei der Destillation in o-Amidobenzaldehydphenylhydrazon übergeht; ebenso mit Hydrazin. Beim Erhitzen mit verdünnten Säuren zerfallen die Substanzen wieder in die Komponenten. Eine bestimmte Formulierung dieser Verbindungen konnten sie nicht vornehmen, denn je nachdem man dem Anthranil das eine oder andere Symbol zuerteilt, lassen sich verschiedene Formeln für die Verbindung konstruieren.

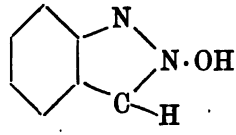
Gleichzeitig begann auch E. Bamberger[2]) in Gemeinschaft mit Ed. Demuth seine eingehenden Untersuchungen des Anthranils. Er wurde dazu durch eine neue Synthese veranlaßt. Erhitzte er Triazidobenzaldehyd mit Wasser oder destillierte denselben, so entsteht Anthranil. Diese Reaktion formulierte er in folgender Weise.



Wie man sieht, ist diese Bildungsweise sehr gut mit der Formel I vereinbar. In einer späteren Arbeit[3]) führt er dann aus, daß auch das Oxim des o-Azidobenzaldehydes sich in analoger

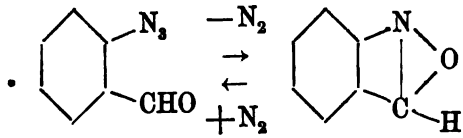
[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 34, 3788.
[2]) ibid. 34, 3874.
[3]) ibid. 34, 4016.

Weise umwandeln läßt, wobei eine Verbindung entsteht, welche er als N-Oxyindazol



bezeichnet und als eigentliches Oxim des Anthranils, unter der Voraussetzung, daß letzterem das Symbol I zukommt, ansieht.

Zur selben Zeit mit Einhorn hatte Bamberger[1]) auch die Oximierung des Anthranils studiert und dabei, unter gleichzeitiger Präzisierung der Versuchsbedingungen, dasselbe Additionsprodukt neben anderen Substanzen erhalten wie jener. Aber er war in der Interpretation der Verbindung erfolgreicher. Denn als er o-Nitrooxim unter den Bedingungen reduzierte, welche zur Hydroxylaminverbindung führen, erhielt er eine Substanz, welche sich mit dem Additionsprodukt von Anthranil und Hydroxylamin identisch erwies. Durch diese Beobachtung war nun auf das bestimmteste bewiesen, daß das Anthranil das Anhydrid des o-Hydroxylaminobenzaldehyds ist, und Bamberger zögerte nicht, die Formulierung I für die Base anzunehmen. Sehr bemerkenswert und eigenartig ist auch die Beobachtung Bambergers[2]), daß die Reaktion, welche vom o-Azidobenzaldehyd zum Anthranil führt, umkehrbar ist, daß sich nämlich bei der Einwirkung von Hydroxylamin auf Anthranil in geringer Menge stets auch der Azidobenzaldehyd bildet.

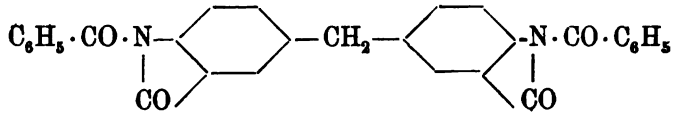


So lagen die Verhältnisse, als ich gemeinsam mit Georg Fießelmann[3]) die Beobachtung machte, daß die aus Anthranilsäure und Formaldehyd darstellbare Diamidodiphenylmethandikarbonsäure bei der Einwirkung von Benzoylchlorid in Pyridinlösung eine Verbindung bildet, welche als Dibenzoyldianthranilmethan angesehen werden mußte.

---

[1]) Ber. der deutsch. chem. Ges. 34, 4027.
[2]) ibid. 34, 4018.
[3]) Liebigs Annalen 324, 133.

Dibenzoyldianthranilmethan.



Ein Teil salzsaurer Diamidodiphenylmethandikarbonsäure wird in der dreifachen Menge Pyridin gelöst und unter Eiskühlung mit zwei Molekulargewichten Benzoylchlorid versetzt, worauf sich die neue Verbindung alsbald kristallinisch abscheidet. Nach mehrstündigem Stehen wurde der Kristallbrei abgesaugt, mit Wasser gewaschen und mit Sodalösung verrieben. Die Substanz kristallisiert aus Pyridin in feinen Nadeln, aus Toluol in garbenförmigen Aggregaten vom Schmelzpunkte 287—288°. Sie ist sehr schwer löslich in heißem Alkohol, Eisessig, Aceton und in den übrigen Lösungsmitteln kaum löslich. Die Analyse ergab, daß eine Abspaltung von zwei Molekeln Wasser stattgefunden hat.

0,1500 g gaben 0,4185 CO_2 und 0,0575 H_2O.
0,1515 g „ 8,5 ccm Stickgas bei 23° und 737 mm Druck.

	Berechnet für $C_{29}H_{18}O_4N_2$	Gefunden
C	75,98	76,09
H	3,93	4,28
N	6,13	6,27

Dem entspricht das Verhalten der Substanz gegen Alkalien. Freie Alkalien vermögen auch in verdünnter Lösung die Substanz in der Kälte nicht aufzunehmen. Dagegen wird beim Erhitzen mit Natronlauge Wasser addiert und die dibenzoylierte Säure erhalten, welche, aus Eisessig umkristallisiert, mit jener Verbindung (Liebigs Annalen 324, 132) vollständig identisch war. (Alkoholische Kalilauge bewirkt die gleiche Umsetzung, und zwar bei Zimmertemperatur, dabei nehmen die beiden Säurereste nicht gleichzeitig Wasser auf; denn zunächst tritt Lösung ein unter Bildung eines in Alkali leicht löslichen Salzes, und erst bei längerem Stehen mit alkoholischem Kali scheidet sich das schwer lösliche Bikaliumsalz aus.) Die Wasseraufnahme verläuft also ganz analog und unter denselben Bedingungen wie die Bildung von Benzoylanthranilsäure aus Benzoylanthranil.

Die wasserärmere Verbindung läßt sich umgekehrt aus dem in alkalischer Lösung benzoylierten Produkte durch Kondensationsmittel erhalten. Löst man dasselbe in der zehnfachen Menge konzentrierter Schwefelsäure und erhitzt eine Stunde im Wasserbade, so ist die Wasserabspaltung fast quantitativ; die Lösung wird in Wasser gegossen, das Produkt mit verdünnter Sodalösung behandelt und aus Toluol umkristallisiert; es ist mit Dibenzoyldianthranilmethan identisch.

Wir haben uns ferner überzeugt, daß Benzoylanthranilsäure, welche schon von Angelo Angeli und Francesco Angelico[1]) durch Einwirkung von Essigsäureanhydrid in Benzoylanthranil übergeführt war, unter den oben angeführten Bedingungen durch konzentrierte Schwefelsäure in das Anhydrid verwandelt wird, welches aus Benzol und Ligroïn, wie Paul Friedländer und S. Wleügel[2]) angeben, ferner bei nicht zu langem Kochen auch aus heißem absoluten Alkohol kristallisiert.

Benzoylanthranil aus Anthranilsäure.

Wir fanden dann, im Gegensatz zu der älteren Angabe von Brückner[3]), daß beim Benzoylieren der Anthranilsäure in Pyridinlösung in der Kälte direkt Benzoylanthranil erhalten wird; mit Sodalösung verrieben, kristallisiert es aus Alkohol in langen Nadeln vom Schmelzpunkt 122—123° und allen Eigenschaften dieses Anhydrids. Die abweichende Angabe von Brückner beruht lediglich auf der unvorsichtigen Aufarbeitung der Reaktionsmasse.

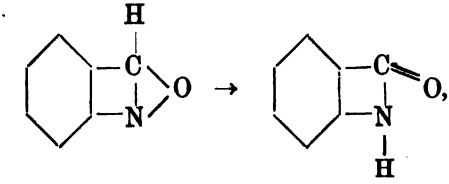
Die Leichtigkeit, mit welcher Anthranilsäure sowie Diamidodiphenylmethandikarbonsäure unter obigen Bedingungen in Benzoylanthranil bezw. Dibenzoyldianthranilmethan übergeführt werden, ist bemerkenswert. Wir haben uns zunächst davon überzeugt, daß Anthranilsäure und Benzoylanthranilsäure von Pyridin allein in der Kälte ebensowenig wie bei 100° zu Anthranil resp. Benzoylanthranil kondensiert werden. Benzoylierung und Ringschließung verlaufen demnach gleichzeitig; offenbar führt der Eintritt des Benzoyls in die Anthranilsäure

[1]) Gazz. chim. ital. 30, 268—383.
[2]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 16, 2229.
[3]) Liebigs Annalen 205, 132.

zu einer Annäherung der Karboxyle an die Imidogruppen, wodurch die Ringschließung begünstigt wird.

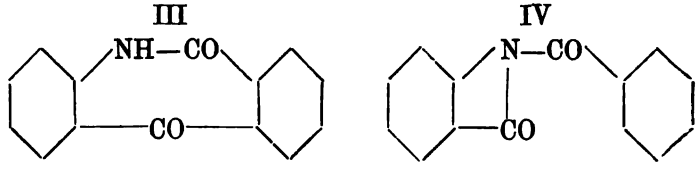
Die Reaktion liefert nun einen wertvollen Beitrag bezüglich der in den Arbeiten von Buhlmann und Einhorn sowie von Eug. Bamberger und Demuth diskutierten Formel des Anthranils. Nach den vorliegenden Angaben befinden wir uns bezüglich der Arbeiten über die Konstitution der Base in einem anscheinend unlösbaren Widerspruch; einerseits ist die Beziehung zur Anthranilsäure durch den vorhergehenden Versuch in bestimmtester Weise nachgewiesen, woraus sich die Formel II ergibt, andererseits ist die Verbindung das Anhydrid des o-Hydroxylaminobenzaldehyds und soll als solches das Symbol I haben.

Von diesem Symbol läßt sich nun das Benzoylanthranil nicht ableiten. Da aber seine Bildung nach der bisherigen Darstellung aus Anthranil bei erhöhter Temperatur stattfindet, so kann man mit Hilfe einer Umlagerung



wobei der Wasserstoff an den Stickstoff wandert und dann mit Benzoylchlorid in Reaktion tritt, den Vorgang zur Not erklären.

(Neben anderen unwahrscheinlichen Formeln konnte für Benzoylanthranil auch die folgende (III)



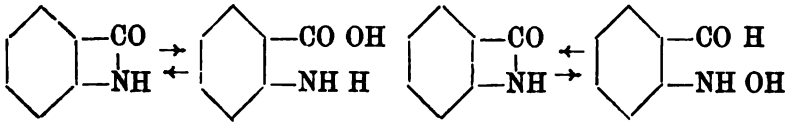
in Betracht kommen.

Man wird nicht fehlgehen, wenn man bei einem derartigen siebengliedrigen Ringe ähnliche Spannungsverhältnisse voraussetzt wie beim Isatin, dessen fünfgliedriger Ring von Alkali unter sehr ähnlichen Bedingungen aufgespalten und ebenso leicht wieder geschlossen wird. Dann sollten aber auch die

beiden Substanzen eine Ähnlichkeit in den Acetylierungsbedingungen zeigen. Während nun Isatin nach W. Suida[1]) schon beim Kochen mit Essigsäureanhydrid acetyliert wird, bleibt Benzoylanthranil beim mehrstündigen Erhitzen mit Essigsäureanhydrid und geschmolzenem Natriumacetat im Rohre auf 170° unverändert. Es muß daher im Benzoylanthranil das Vorhandensein einer Imidogruppe als ausgeschlossen gelten, und kommt der Substanz die von Paul Friedländer und S. Wleügel[2]) aufgestellte Formel (IV) zu.

Diese Möglichkeit des Reaktionsmechanismus ist aber bei der neuen Darstellung des Benzoylanthranils nicht vorhanden. Hier erscheint das Anthranil in seiner Eigenschaft als Anhydrid der Anthranilsäure. Wie das Anthranil durch verdünnte Alkalien beim Erhitzen leicht in die Säure zurückverwandelt wird, so läßt es sich auch, wie oben gezeigt wurde, in Form eines Derivates aus Anthranilsäure erhalten.

Aber die Verbindung besitzt eine Zwitternatur. Durch Eisenvitriol und Ammoniak wird sie nach Paul Friedländer[3]) zu o-Amidobenzaldehyd reduziert und hat somit auch Aldehydcharakter, und zwar ist es nach den vorhin erwähnten Arbeiten der o-Hydroxylaminobenzaldehyd, von dem sich die Verbindung ableitet. Fragt man sich nun, wird denn nicht ein Symbol diesen beiden Charakteren gerecht, eine Frage, die sich bisher keiner der Herren, welche das Anthranil bearbeitet haben, vorgelegt zu haben scheint, so ergibt sich, daß es das Symbol I nicht tut, denn mit Hilfe desselben läßt sich der Übergang in Anthranilsäure nicht leicht erklären. Dagegen ist die Karbonimidformel mit beiden Beziehungen sehr wohl vereinbar, wie sich aus dem folgenden Schema ergibt.



Je nachdem, wie sich Wasser addiert oder abspaltet, beobachten wir die wechselseitige Umwandlung von Anthranil in

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 11, 585.
[2]) ibid. 16, 2229.
[3]) ibid. 15, 2572.

Anthranilsäure, von Anthranil in o-Hydroxylaminobenzaldehyd. Alle vier Übergänge sind jetzt bekannt, der rückläufige der ersten Formel in der Benzoylierung, die beiden letzten bei dem Oxim.

Gleichzeitig mit mir publizierten R. Anschütz und O. Schmidt[1]) Beobachtungen über Anthranilsäure und Anthranil. Sie stellten fest, daß das Anthranil durch Erhitzen mit Essigsäureanhydrid auf 130—150° in Acetanthranil übergeführt wird, welches noch leichter als Benzoylanthranil in die entsprechende Säure verwandelt wird. Auch den Übergang der Anthranilsäure in Benzoylanthranil unter der Einwirkung von Benzoylchlorid beobachteten sie; indessen ist aus den von ihnen gewählten Versuchsbedingungen (Einwirkung der Agentien auf dem Wasserbade und darauffolgende Destillation unter vermindertem Druck) nicht ersichtlich, ob die Bildung des Benzoylanthranils nicht vielleicht sekundärer Art ist, so daß sich erst bei der Destillation Wasser abspaltet, zumal da sie fanden, daß die Acetanthranilsäure bei der Destillation in Acetanthranil übergeht.

Theoretische Folgerungen ziehen sie in der Ausdehnung wie ich aus diesen Beobachtungen nicht, sie halten indes die Laktamformel des Acetanthranils für die richtige und kommen durch die Bestimmung der Molekularrefraktion des Anthranils zu der Ansicht, daß dasselbe die Formel II habe.

Anfang des Jahres 1903 bringt dann Eug. Bamberger[2]), der unermüdlichste Forscher auf diesem Gebiete, neues Material bei zur Stütze des Symboles I, und er verbindet damit zugleich eine eingehende Kritik der Gründe für und wider das Symbol.

Unter der Besprechung der gegen die Formel I erhobenen Einwände sei zunächst seine ad III angeführte Erwiderung auf das vorhin von mir beigebrachte experimentelle Material angeführt.

Bamberger weist eine Konstitutionsanalogie zwischen Anthranil und Benzoylanthranil von der Hand, weil es zur Acylierung des Anthranils höherer Temperatur bedarf, und er glaubt aus der Tatsache, daß Anthranilsäure schon bei ge-

---

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 35, 3470.

[2]) ibid. 36, 819.

wöhnlicher Temperatur von Benzoylchlorid in Benzoylanthranil übergeführt werden kann, engere Beziehungen der letzteren Verbindung zur Anthranilsäure als zum Anthranil annehmen zu sollen.

Ich habe früher[1]) schon auf die Ähnlichkeit des Anthranils in mancher Beziehung mit dem Isatin hingewiesen und infolgedessen geprüft, wie dieses sich gegenüber Benzoylchlorid verhält. Der Versuch ergab, daß dasselbe in seiner tautomeren Form reagiert, und zwar ebenso schwer wie Anthranil, indem es in das bekannte Benzoylpseudoisatin übergeht.

Ferner wurde das Verhalten des Indigos gegen Benzoylchlorid in Betracht gezogen. Eine Zusammenstellung der Formeln ergibt die Ähnlichkeit der drei Verbindungen:

$$C_6H_4{<}\overset{CO}{\underset{NH}{}}, \qquad C_6H_4{<}\overset{CO}{\underset{HN}{}}{>}CO, \qquad \left[C_6H_4{<}\overset{CO}{\underset{NH}{}}{>}C{<}\right]_2.$$

Auch hier erfolgt der Eintritt der Acylgruppe äußerst schwer, wobei zugleich eine Reduktion stattfindet, in welcher der primärgebildete Dibenzoylindigo in Dibenzoylindigweiß übergeht, welches dann noch zwei Benzoylgruppen aufnimmt.

Es ergibt sich hieraus, daß die schwere Reaktionsfähigkeit des Anthranils gegen Benzoylchlorid nicht auffallend ist, da sie sich bei ähnlich konstituierten Verbindungen wiederfindet. Die engere Beziehung des Benzoylanthranils zur Anthranilsäure erklärt sich so, daß das Benzoylchlorid mit der primären Amidogruppe der Anthranilsäure natürlich sehr energisch reagiert, und daß die gebildete Benzoylanthranilsäure im Entstehungszustande leicht den Ring schließt. Es muß hierbei allerdings eine besondere Art von Molekularschwingung vorliegen.

Benzoylierung des Isatins.

Alf. Schwartz[2]) hat bereits vor 40 Jahren versucht, Isatin durch Erhitzen mit Benzoylchlorid zu acylieren, aber nur ein amorphes Pulver erhalten.

C. Schotten[3]) hat Benzoylisatin durch Erhitzen der Ben-

---

[1]) Diese Abhandlung S. 166.

[2]) Jahresberichte 1863, 557.

[3]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 24, 774.

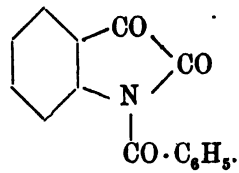
zoylisatinsäure über den Schmelzpunkt oder mit Essigsäureanhydrid dargestellt.

Erwärmt man Isatin mit überschüssigem Benzoylchlorid, so erfolgt bei 150° nur sehr unvollständige Einwirkung, durch welche ca. 10% Benzoylisatin gebildet werden; vollständiger verläuft die Reaktion bei höherer Temperatur, wobei allerdings anderweitige Zersetzungen nebenher laufen. Das beste Resultat lieferte folgender Versuch. 2 g Isatin wurden mit 10 g Benzoylchlorid 2 Stunden auf 170° erhitzt. Die Masse wurde dann mit Wasser und Soda behandelt, bis alles Benzoylchlorid zersetzt war. Der dunkelgefärbte Rückstand, welcher nur noch spurenweise unverändertes Isatin enthielt, wurde getrocknet und mit Toluol ausgekocht; beim Erkalten schied sich zunächst ein harziges Produkt ab, und aus dem Filtrat kristallisierte dann auf Zusatz von etwas Äther allmählich Benzoylpseudoisatin vom Schmpunkt 206° aus. Die Ausbeute an reiner Substanz betrug ca. 15% der Theorie.

0,1326 g Substanz: 6,6 ccm N (17°, 742 mm).

$C_{15}H_9O_3N$. Ber. N 5,58. Gef. N 5,64.

Die Verbindung zeigte alle Eigenschaften des bekannten Benzoylpseudoisatins[1]) von der Formel



und wurde auch durch die Überführung in Benzoylisatinsäure vom Schmpunkte 188° charakterisiert.

Benzoylierung des Indigos.

Alf. Schwartz[2]) hat auch versucht, den Indigo durch Erhitzen mit Benzoylchlorid zu benzoylieren, und zu diesem Zwecke die Agentien auf 180° erhitzt; er erhielt aber nur ein braunes Produkt, welches des Charakters einer chemischen Verbindung entbehrt.

---

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 24, 774.

[2]) Jahresberichte 1863, 557.

Dickhath[1]) erwärmte Indigo mit Benzoësäureanhydrid und Benzoylchlorid und beobachtete eine Rotfärbung der Masse. Isolieren konnte er aber nur ein mit dem von Schwartz erhaltenen identisches, amorphes Produkt.

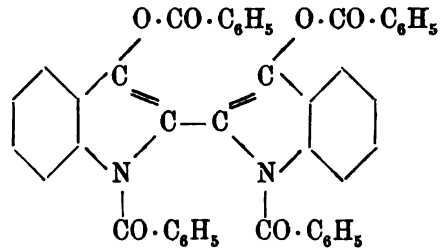
Die Benzoylierung erfolgt ebenso schwer wie die des Isatins. Folgendes Verfahren führte zu einer kristallisierten Substanz. 13 g Indigo wurden in der fünffachen Menge Pyridin suspendiert und 15 g Benzoylchlorid zugegeben; die Masse wurde eine Stunde auf dem Wasserbade unter Umrühren erhitzt, dann abgekühlt, nochmals 15 g Benzoylchlorid zugegeben und bei 100° einwirken gelassen; dabei findet eine unvollständige Lösung des Indigos statt. Nach dem Erkalten wird mit Wasser und verdünnter Salzsäure behandelt, wobei eine blaue, harzige Masse zurückbleibt. Von Benzoësäure wird dieselbe durch verdünnte Sodalösung befreit, getrocknet, mit Methylalkohol verrührt und erwärmt, wobei das Produkt kristallinisch wird. Man läßt jetzt einige Stunden stehen, um in Lösung gegangenen Benzoylkörper wieder auskristallisieren zu lassen, und extrahiert die filtrierten Substanzen mit Alkohol im Soxhletschen Apparat. Aus dem Filtrat scheidet sich der benzoylierte Indigo in bläulichen Nadeln ab. Die Verbindung wird dann in heißem Eisessig gelöst, aus dem sie leicht kristallisiert. Chemisch rein erhält man sie durch Lösen in warmem Aceton, wobei sämtlicher Farbstoff zurückbleibt; das Filtrat scheidet auf Zusatz von Wasser das Benzoylprodukt in farblosen, verwachsenen Nädelchen ab, welche bei 217—218° ohne Farbenänderung schmelzen. Aus Eisessig schießen scharf abgeschnittene, büschelig verwachsene Nadeln an. Die Ausbeute beträgt 10 bis 15% des angewandten Indigos. Die Analyse zeigte, daß vier Benzoylgruppen in das Indigomolekül eingetreten sind. Da die Verbindung sich leicht in Indigo zurückverwandeln läßt, so muß gleichzeitig eine Reduktion sich vollzogen haben und demnach Tetrabenzoylindigweiß vorliegen, wofür auch die Eigenschaften der Substanz sowie die Ähnlichkeit mit Tetraacetylindigweiß[2]) sprechen.

---

[1]) Dissertation. Jena 1893.

[2]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 24, 4134.

Sie muß demnach folgende Konstitution besitzen:



0,1418 g Sbst.: 0,3991 g CO_2, 0,0542 g H_2O. — 0,1533 g Sbst.: 0,4306 g CO_2, 0,0586 g H_2O. — 0,1990 g Sbst.: 7,8 ccm N (21°, 739 mm). — 0,2028 g Sbst.: 7,9 ccm N (21,5°, 741 mm).

$C_{44}H_{28}O_6N_2$. Ber. C 77,65, H 4,12, N 4,12.
Gef. C 76,76, 76,6, H 4,24, 4,25, N 4,33, 4,38.

Die Verbindung ist in Benzol schon in der Kälte ziemlich leicht löslich, ebenso in Pyridin, in Äther beim Erwärmen verhältnismäßig leicht, schwer dagegen in Ligroïn.

Wäßrige Natronlauge spaltet die Substanz beim Erhitzen zunächst nicht, erst bei längerer Einwirkung tritt allmählich Blaufärbung ein; setzt man dagegen zur warmen alkoholischen Lösung Alkali, so erfolgt sofort Farbenänderung durch Rot nach Grün hin. Diese Lösung enthält offenbar Indigweiß, denn nach dem Verdünnen mit Wasser scheidet sich Indigo ab.

Beim Kochen mit Alkohol und Salzsäure tritt keine Spaltung ein, ebensowenig durch wäßrige Salzsäure. Konzentrierte Schwefelsäure löst mit gelber Farbe, welche alsbald in Grün übergeht; beim Verdünnen mit Wasser sondern sich Flocken von derselben Farbe ab. Erhitzt man die schwefelsaure Lösung, so färbt sie sich blaugrün, und auf Zusatz von Wasser zeigt sich die Flüssigkeit nur schwach grün gefärbt. Rauchende Schwefelsäure löst die Substanz mit schwach bräunlicher Farbe, welche beim Erhitzen in Blau übergeht; dieselbe Nuance zeigt die wäßrige Lösung.

Im Gegensatz zu dem Dibenzoylindigweiß von D. Vorländer und B. Drescher[1]) wird die Lösung des Tetrabenzoylindigweiß in Eisessig auf Zusatz von Natriumnitrit weder in der Kälte, noch beim Erwärmen verändert. Beim Verdünnen

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 34, 1859.

mit Wasser scheidet sich wieder die farblose Substanz ab. Die Lösung in Eisessig wird ferner durch Bichromatlösung auch beim Erwärmen nicht oxydiert.

Benzoylierung des Anthranils.

Dieselbe erfolgt quantitativ erst beim Erhitzen von Anthranil mit der fünffachen Menge Benzoylchlorid auf 145—150°. Nach dreistündiger Einwirkung wurde die Masse mit Wasser und Sodalösung behandelt und 2,2 g Benzoylanthranil aus 1,2 g angewandtem Anthranil erhalten. Dieselbe Verbindung resultiert, wenn man die Benzoylierung in Pyridinlösung vornimmt. Bamberger[1]) hat schon angegeben, daß bei gewöhnlicher Temperatur Benzoylchlorid nicht einwirkt; dagegen erfolgt Reaktion beim Erhitzen der Agentien auf dem Wasserbade. Bei Anwendung der fünffachen Menge Pyridin und der berechneten an Benzoylchlorid konnten nach einstündigem Erhitzen 75% des angewandten Anthranils als Benzoylanthranil abgeschieden werden.

Auf dieses experimentelle Material erwidert E. Bamberger, daß die Schwierigkeit der Benzoylierung des Anthranils nicht gegen die Formel I spreche. Ich habe aber früher bereits zugegeben[2]), daß sich der Vorgang mit Hilfe einer Umlagerung erklären lasse, und die sich hierin dokumentierende Tautomerie ist seitdem von O. Schmidt[3]) als für das Anthranil geltend aufgestellt worden. Es wird später gezeigt werden, daß diese Ansicht nicht mehr begründet ist, und daß für die Verbindung die Annahme einer Tautomerie keine Berechtigung hat.

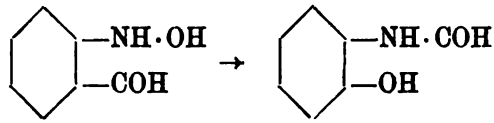
Bezüglich der übrigen Punkte der Argumentation Bambergers ist generell folgendes zu bemerken. Es ist eine, namentlich für Ringsysteme, welche sich von o-disubstituierten Benzolkernen ableiten, in zahlreichen Fällen festgestellte Tatsache, daß die Konstitution derartiger Substanzen weniger nach ihrer Bildungsweise, als nach ihrem chemischen Verhalten beurteilt werden muß; denn die Formel einer Verbindung ist nicht die mit ihren verschiedenen Entstehungsarten in engem

---

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 36, 822.
[2]) Diese Abhandlung S. 166.
[3]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 36, 2467.

Zusammenhange stehende, graphische Darstellung dieser Herleitungen, sondern die Formulierung eines neuen Moleküls, welche die Eigenschaften desselben am besten ausdrückt.

Ein schlagendes Beispiel für diese Erwägung findet sich in den Angaben Bambergers[1]) selbst. Bei der Oxydation des o-Amidobenzaldehyds bildet sich neben Anthranil zugleich Formylamidophenol durch eine eigenartige Umlagerung des primär gebildeten Hydroxylaminobenzaldehyds.



Diesen Gesichtspunkten wird indessen die von Bamberger[2]) angestellte eingehende Diskussion der Einwände gegen und der Gründe für die von ihm verteidigte Formel I nicht vollständig gerecht, und es möge deshalb zunächst auf seine Argumente eingegangen werden.

Im ersten Abschnitt der erwähnten Besprechung weist er darauf hin, daß das Additionsprodukt von Anthranil und Hydroxylamin von ihm mit Sicherheit als Hydroxylaminobenzaldoxim erkannt worden sei, und daß somit die nach Buhlmann und Einhorn[3]) dem anderen Anthranilsymbol entsprechende Formel $C_6H_4 \begin{matrix} NH \\ \langle\rangle \\ C(OH)\cdot NH\cdot OH \end{matrix}$ zurückzuweisen sei. Es ist hierzu zu bemerken, daß die von diesen Herren angestellte Überlegung nicht ganz ausreichend ist, denn in meinem obigen Schema erscheint der latente basische und Aldehydcharakter vollkommen, sogar noch besser als im Symbole I, und es ist die Bambergersche Oximformel auch als zu Symbol II gehörig zu betrachten.

Absatz II betrifft die Verkettung zwischen Hydroxylamin- und Aldehydgruppe, welche stets in anderen Fällen der oben angeführten Formel entsprechend erfolgt. Es ist indessen nicht notwendig, diese Verflechtung als für die einfachsten Fälle geltend anzunehmen, und entspricht auch nicht dem Verhalten

---

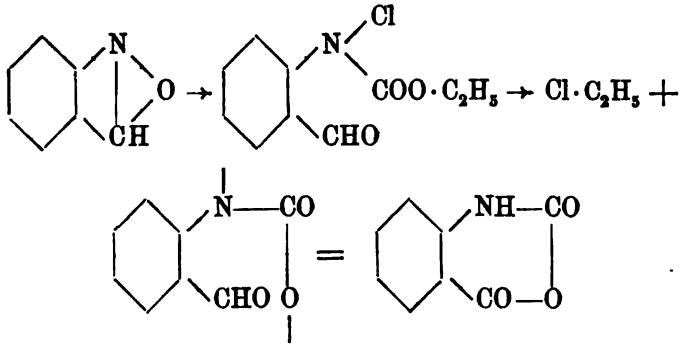
[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 36, 833 u. 2045.
[2]) ibid. 36, 819.
[3]) ibid. 34, 3788.

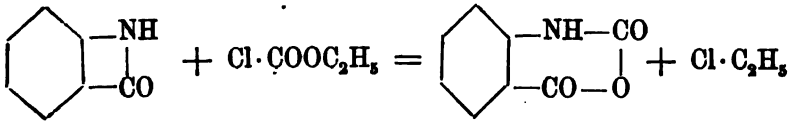
des Anthranils, da dasselbe durch Erhitzen mit Säuren den Ring nicht aufspaltet, so daß das Karbonimidsymbol mit demselben Recht als Anhydridform des o-Hydroxylaminobenzaldehyds erscheint.

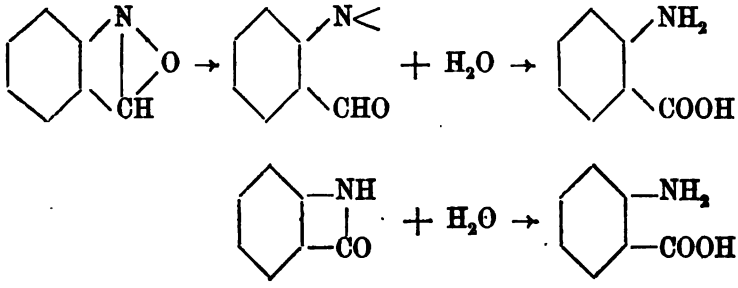
Bezüglich der an dritter Stelle noch erörterten Bildung der Isatosäure aus Anthranil ist zu bemerken, daß die verhältnismäßig recht komplizierte Umsetzung, welche nach Bamberger bei dieser Reaktion stattfindet, doch wohl einigermaßen gegen seine Formel spricht.

Der gleiche Grund gilt auch ad IV gegen die Aufspaltung des Anthranils zur Anthranilsäure nach dem Schema von Bamberger.

Eine Gegenüberstellung der Erklärung beider Umsetzungen nach Bamberger und unter Zugrundelegung des Symboles II ergibt sofort die Unwahrscheinlichkeit seiner Erklärung.







Punkt V betrifft die refraktometrische Untersuchung des Anthranils von R. Anschütz und O. Schmidt[1]) einerseits und J. W. Brühl[2]) andererseits. Es sei hier gleich bemerkt, daß ich nach dem Resultate der letzten Arbeiten genannter Herren[3]) im Hinblick auf meine später angeführten experimentellen Ergebnisse die Ansicht für berechtigt halte, daß diese Untersuchungsmethode für den vorliegenden Fall nicht ausschlaggebend sein kann. Das Verhalten einer Substanz ist durch eine Reihe von Eigenschaften bestimmt, für deren Untersuchung der Chemiker zahlreiche, gut durchgearbeitete und in ihrer Interpretierung meist eindeutige Reaktionen besitzt, während die refraktometrische Untersuchung nur auf wenige physikalische Eigenschaften sich stützt und Resultate gibt, deren Deutung bisher nicht in allen Fällen nach feststehenden Prinzipien erfolgen kann.

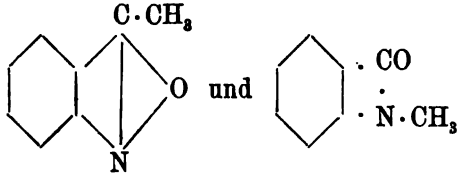
Betrachten wir nunmehr die Gründe, welche nach Bamberger von zwingender Beweiskraft für die Richtigkeit der Formel I sind und das andere Symbol ausschließen.

An erster Stelle weist er auf die enge Beziehung des Oxims des o-Hydroxylaminobenzaldehyds zum Anthranil hin, wodurch dieses als Anhydrid jenes Aldehydes erscheine. Dieser Zusammenhang ist von Bamberger in jüngster Zeit in sehr eleganter Weise experimentell bewiesen worden, einerseits durch Überführung des o-Amidobenzaldehyds durch die Hydroxylaminverbindung hindurch in das Anthranil[4]), andererseits durch Reduktion des o-Nitrobenzaldehyds[5]); wobei sich die Anwesenheit des Zwischenproduktes durch seine Reaktionen verrät. Aber aus den oben angeführten Gründen beweist diese Synthese nichts für die Konstitution der in Frage stehenden Verbindung; denn einesteils erscheint das Symbol II als wahres Anhydrid des o-Hydroxylaminobenzaldehyds, andererseits sind nur die Reaktionen des Anthranils für die Beurteilung seiner Konstitution maßgebend. Dieselbe Betrachtung gilt für den 5. Absatz.

---

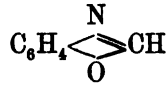
[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 35, 3472.
[2]) ibid. 36, 824.
[3]) O. Schmidt, ibid. 36, 2465. J. W. Brühl, ibid. 36, 3637.
[4]) ibid. 36, 831.
[5]) ibid. 36, 3653.

Punkt II erscheint wichtiger; er betrifft die Reduktion des o-Nitroacetophenons[1]); dieselbe verläuft ganz analog der Reduktion des o-Nitrobenzaldehyds und liefert eine Verbindung, welche in ihren Eigenschaften manche Ähnlichkeiten mit Anthranil zeigt. Dies ist wohl der hauptsächlichste Grund, welcher Bamberger zur Verteidigung der Friedländer-Schreiberschen Anthranilformel bestimmt hat; er glaubt denn auch in seiner Erwiderung auf meine Ankündigung eines isomeren Methylanthranils, daß gerade in der Verschiedenheit der Eigenschaftsbeziehungen dieser beiden Isomeren



zum Anthranil die konstitutionellen Beziehungen aller drei Stoffe zum Ausdruck kommen werde, und daß mein Methylanthranil nicht die auffallende Ähnlichkeit mit Anthranil zeigen werde wie die isomere Verbindung. Letztere Ansicht ist aber irrig, und es geht aus den nachfolgenden Daten hervor, daß das N-Methylanthranil viel größere Übereinstimmung mit dem Anthranil in seinem chemischen Verhalten zeigt und als dessen eigentliches Homologe angesehen werden muß.

Absatz III der Bambergerschen Begründung seiner Formulierung weist auf die Analogie der Eigenschaften des Benzoxazols von der Formel



mit Anthranil hin und leitet hieraus die Berechtigung des einige Ähnlichkeit in der Formulierung zeigenden Symboles I ab. Diese Ähnlichkeit in dem Verhalten der beiden Substanzen ist aber keine sehr große, und sie geht kaum über gewisse, allen schwach basischen bizyklischen Verbindungen gemeinsame Eigenschaften hinaus. Man könnte beispielsweise dann auch einige

[1]) R. Camps, Arch. d. Pharm. 240, 423. E. Bamberger, Berichte der deutsch. chem. Ges. 36, 1611.

Analogien zwischen Anthranil und Indol herausfinden, wenn man die bezüglichen Vergleichspunkte näher untersuchen wollte. Darauf ist also für den Konstitutionsnachweis kein Gewicht zu legen.

Ad IV wird darauf hingewiesen, daß o-Azidobenzaldehyd in Anthranil und das entsprechende Oxim in N-Oxyindazol übergeführt werden kann. Letztere Verbindung wird von Bamberger als das Oxim des Anthranils betrachtet. Ist dies der Fall, so liegt kein Grund vor, weshalb nicht die Umformung in folgender Weise geschehen sollte:

$$C_6H_4<\begin{matrix}N_3\\C\end{matrix}\!\!\begin{matrix}H\\N\cdot OH\end{matrix} \longrightarrow C_6H_4<\begin{matrix}NH\\ \cdot\\ C:N\cdot OH\end{matrix}\ .$$

Das Verhalten der Substanz spricht nicht gegen diese Auffassung, und es ist nicht ersichtlich, warum die als Nitroso-N-Oxyindazol[1]) beschriebene Verbindung nicht das zugehörige Nitrosamin sein soll.

Somit scheint mir ein zwingender Grund für die Notwendigkeit der Formel I nicht vorzuliegen. Ich habe dann nach neuen experimentellen Belegen für die Richtigkeitdes Symboles II gesucht und einen Beweis für das Vorhandensein der Ketongruppe im Anthranil sowie auch für das der Imidogruppe gefunden.

O. Buhlmann und A. Einhorn[2]) haben bereits die Einwirkung von Phenylhydrazin auf Anthranil in Gegenwart von Eisessig geprüft und dabei ein Additionsprodukt erhalten, welches beim Kochen mit Eisessig oder bei trockner Destillation in das Hydrazon des o-Amidobenzaldehyds übergeht. Letztere Verbindung entsteht aber auch allmählich, wenn man Anthranil und Phenylhydrazin bei Zimmertemperatur stehen läßt, und es folgt hieraus unmittelbar das Vorhandensein der Ketongruppe. Die Reaktion verläuft offenbar in folgender Art:

$$C_6H_4<\begin{matrix}CO\\ \cdot\\ NH\end{matrix} \longrightarrow C_6H_4<\begin{matrix}C:N\cdot NH\cdot C_6H_5\\ \cdot\\ NH\end{matrix}$$

$$\longrightarrow C_6H_4<\begin{matrix}CH:N\cdot NH\cdot C_6H_5\\ NH_2\end{matrix}$$

---

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 35, 1894.

[2]) ibid. 34, 3792.

Die Anwesenheit der Imidogruppe im Anthranil folgt daraus, daß sich dasselbe bei gewöhnlicher Temperatur methylieren läßt, wobei also von einer Umlagerung nicht wohl die Rede sein kann. Friedländer hat bereits versucht die Alkylierung auszuführen, ohne indes zum Ziele zu kommen. Die durch das Dimethylsulfat bereicherte Methylierungsmethode gestattet, auch diese Lücke auszufüllen, und das resultierende, einheitliche N-Methylanthranil

$$C_6H_4<\begin{matrix}CO\\ \cdot\\ N\cdot CH_3\end{matrix}$$

ist nun das wahre Homologe des Anthranils und in den wesentlichsten Eigenschaften das Abbild der Grundsubstanz, womit auch für diese die Formel II als die einzig mögliche sich erweist. Sie ist es um so mehr, da keine einzige Reaktion bekannt ist, welche besser mit dem anderen Anthranilsymbol zu vereinbaren wäre; damit ist auch die Tautomerie des Moleküls von der Hand zu weisen.

Als charakteristisch für das Anthranil sei zunächst noch eine Verbindung erwähnt, welche beim Zusammengeben seiner salzsauren Lösung mit Zinntetrachlorid in konzentrierter Salzsäure als weißes Kristallpulver erhalten wird. In dieser Substanz ist die Base als salzsaures Salz enthalten, und das Molekül zerfällt infolgedessen wieder sehr leicht.

Noch nicht untersucht ist die Eigenschaft des Anthranils, komplexe Verbindungen zu bilden. Friedländer erwähnt schon die Neigung desselben, beim längeren Stehen zu verharzen. Man kann ferner die Bildung hochmolekularer, schwer löslicher und infolgedessen schwierig charakterisierbarer Substanzen bei der Einwirkung der Chloride des Phosphors beobachten.

Eine wohl charakterisierte dimolekulare Verbindung entsteht nun bei der Einwirkung von Benzolsulfochlorid auf Anthranil. Die Reaktion erfolgt in der Art, daß zwei Moleküle Anthranil sich ohne Wasserabspaltung kondensieren und eine Benzolsulfogruppe aufnehmen unter Austritt von Chlorwasserstoffsäure.

Die Methylierung des Anthranils erfolgt, wie schon erwähnt, mit Dimethylsulfat, und die in nachstehend beschriebener Weise gereinigte Verbindung bildet ein schwach gelbes Öl. Eine Bildung von isomeren Produkten findet nicht statt. Wie das

Anthranil, geht die methylierte Base mit Zinntetrachlorid eine Doppelverbindung ein; sie bildet ferner eine normal zusammengesetzte Sublimatverbindung.

Auch gegen Phenylhydrazin verhält sich das Methylierungsprodukt dem Anthranil durchaus korrespondierend, indem ebenfalls neben der Kondensation die Fixierung von zwei Wasserstoffatomen stattfindet. Damit ergibt sich die Deutung des Prozesses naturgemäß als folgende:

$$C_6H_4<\begin{matrix}CO\\ \cdot\\ N\cdot CH_3\end{matrix} \longrightarrow C_6H_4<\begin{matrix}C:N\cdot NH\cdot C_6H_5\\ \cdot\\ N\cdot CH_3\end{matrix}$$

$$\longrightarrow C_6H_4<\begin{matrix}CH:N\cdot NH\cdot C_6H_5\\ NH\cdot CH_3\end{matrix}.$$

Während nach dieser Reaktion der viergliedrige Ring die gleiche leichte Aufspaltbarkeit wie der des Anthranils zu haben scheint, erweist sich das System bei anderen Reaktionen als wesentlich beständiger. Die methylierte Base wird durch kochendes Alkali nicht verändert, sondern erst das Schmelzen mit Alkali spaltet den Ring auf, unter Bildung von Methylanthranilsäure:

$$C_6H_4<\begin{matrix}CO\\ \cdot\\ N\cdot CH_3\end{matrix} \longrightarrow C_6H_4<\begin{matrix}COOH\\ NH\cdot CH_3\end{matrix}.$$

Auch gegen Reduktionsmittel ist das Methylanthranil beständig.

Während die nichtmethylierte Base durch Eisenvitriol und Ammoniak zum o-Aminobenzaldehyd reduziert wird, bleibt unter denselben Bedingungen das Methylanthranil unverändert; stärkere Wasserstoff zuführende Agentien sind entweder ohne Einwirkung, oder sie rufen Verharzung hervor.

Die schwere Angreifbarkeit des Methylanthranils für Reduktionsmittel liefert auch den Beweis dafür, daß die vorhin skizzierte Interpretation der Reaktion zwischen Methylanthranil und Phenylhydrazin die richtige ist, und daß nicht zuerst das Methylanthranil zum o-Methylamidobenzaldehyd reduziert und dann das Hydrazon gebildet wird.

Daraus ergibt sich weiter für das Anthranil, welches sich in genau derselben Weise umsetzt, daß auch hier der Verlauf derselbe ist, und daß die Ketogruppe zunächst mit Phenylhydrazin reagiert und dann zwei Wasserstoffatome addiert werden.

Auffallend könnte noch das Auftreten der Färbung bei der Methylierung des farblosen Anthranils erscheinen; die Farbe ist anscheinend der Substanz eigentümlich, denn auch das reinste, völlig farblose Zinndoppelsalz scheidet beim Freimachen der Base dieselbe stets als schwach gelbes Öl ab. Die gleiche Erscheinung zeigt sich beim Indol, welches durch den Anschluß der Methylgruppe an den Stickstoff in der gleichen Weise gefärbt wird; auch das N-Methylisatin scheint eine lebhaftere Färbung zu besitzen als die nichtalkylierte Substanz. Fälle ähnlicher Art hat J. v. Braun[1]) beobachtet, der mit der weiteren Untersuchung dieses Gegenstandes beschäftigt ist.

Zur Nomenklatur mache ich den Vorschlag, den Namen Methylanthranil für das von mir beschriebene Präparat zu belassen, während die isomere Verbindung als Methylanthroxan zu bezeichnen wäre.

Anthranil und Phenylhydrazin.

Die Agentien, in gleichen Gewichtsmengen zusammengebracht, mischen sich ohne sichtbare Reaktion, und erst nach etwa 12stündigem Stehen beginnt das Reaktionsprodukt sich in reiner Form auszuscheiden. Nach mehreren Tagen wurde mit Äther verdünnt und filtriert. Die Substanz zeigt den Schmelzpunkt und die Eigenschaften des o-Amidobenzaldehydphenylhydrazons. Die gleiche Verbindung entsteht auch beim Zusammenbringen der wäßrigen Lösungen beider Substanzen nach einiger Zeit. Für die Analyse wurde die Substanz aus Toluol umkristallisiert.

0,075 g Sbst.: 13,6 ccm N (17,5°, 732 mm).

$C_{13}H_{13}N_3$. Ber. N 19,9. Gef. N 20,2.

Anthranil und Zinntetrachlorid.

Beide Substanzen wurden in konzentrierter Salzsäure gelöst und zusammengegeben, worauf sich sofort die Doppelverbindung in farblosen Kristallkörnern ausschied. Sie ist nicht ganz schwer löslich in konzentrierter Salzsäure und wird schon von verdünnter Säure gespalten. Für die Analyse wurde sie auf gehärtetem Filter abgesogen, mit konzentrierter Salzsäure nach-

[1]) Berichte der deutsch. chem. Ges. 36, 3520.

gewaschen, unter einer Glasglocke neben Ätzkali und konzentrierter Schwefelsäure getrocknet und dann sofort analysiert. Im Vakuumexsikkator tritt bereits Zersetzung ein. Das Produkt färbt sich gegen 195° rötlich und zersetzt sich bei 243°.

Es besitzt die Formel

$$\left(C_6H_4<\begin{matrix}CO\\|\\NH\end{matrix}\cdot HCl\right)_2 SnCl_4.$$

0,3227 g Sbst.: 14 ccm N (19°, 744 mm). — 0,1851 g Sbst.: 0,0482 g SnO_2.

$C_{14}H_{12}N_2O_2Cl_6Sn$. Ber. N 4,9, Sn 20,8.
Gef. N 4,9, Sn 20,4.

Anthranil und Benzolsulfochlorid.

Anthranil wird in Mengen von je $^1/_2$ g mit dem doppelten Gewicht Benzolsulfochlorid 1 Stunde auf 150° erhitzt. Die Masse färbt sich dabei nur schwach bräunlich und scheidet manchmal schon in der Hitze die Verbindung teilweise kristallisiert ab. Die Schmelze wurde nach dem Erkalten mit Alkohol verrieben, wobei die Substanz als weißes Kristallpulver erhalten wurde. Dasselbe ist schwer löslich in Äther und Ligroïn, leicht in warmem Benzol, sehr leicht in Chloroform und Aceton. Die Verbindung kristallisiert aus Benzol, besonders auf Zusatz von Ligroïn, in mikroskopischen Nädelchen vom Schmelzpunkt 211—212°.

0,175 g Sbst.: 0,0574 g H_2O, 0,4065 g CO_2. — 0,1522 g Sbst.: 10,2 ccm N (739 mm, 16,5°). — 0,1862 g Sbst.: 0,1149 g $BaSO_4$.

$C_{20}H_{14}N_2O_4S$. Ber. C 63,48, H 3,7, N 7,4, S 8,46.
Gef. C 63,35, H 3,64, N 7,57, S 8,47.

0,239 g Sbst. in 20,1 g Benzol gaben eine Siedepunktserhöhung von 0,082°.

Mol.-Gew. Ber. 378. Gef. 377.

Benzolsulfodianthranil löst sich beim gelinden Erwärmen mit verdünnter Natronlauge auf, und nach Zusatz von Säure fällt die aufgespaltene Substanz aus. Dieselbe ist schwer löslich in Chloroform, leichter in heißem Alkohol, auf Zugabe von Wasser bis zur Trübung erfolgt allmählich Kristallisation der Säure in mikroskopischen Nädelchen. Schmelzpunkt 223°.

Anthranil und Dimethylsulfat.

Die Herstellung eines reinen Methylierungsproduktes ist an die folgende Darstellungsmethode gebunden. 20 g Anthranil blieben mit 60 g Dimethylsulfat bei Zimmertemperatur so lange stehen (4—5 Tage), bis eine mit der doppelten Menge Wasser versetzte Probe, welche zur Zersetzung überschüssigen Dimethylsulfats schwach erwärmt wurde, in der Kälte völlig klar blieb. Es wurde nun die ganze Masse in derselben Weise aufgearbeitet, dann Wasserdampf durchgeleitet, um Spuren von stark riechenden Substanzen zu entfernen — eine isomere Methylverbindung ging nicht über —, mit kohlensaurem Natrium neutralisiert und das gebildete Methylanthranil mit Dampf abdestilliert; man unterbricht letztere Manipulation, sobald das Destillieren des Öles sich verlangsamt, da sonst andere Verbindungen, anscheinend polymerer Art, mit übergehen. Mit Äther extrahiert, hinterblieben 10,2 g Methylanthranil. Die mit Wasserdampf behandelte Flüssigkeit ist schwach dunkel gefärbt und enthält höhere Methylierungsprodukte. Eine kristallisierte Substanz konnte daraus bisher nicht gewonnen werden. Man reinigt das Methylanthranil zweckmäßig so, daß man seine salzsaure Lösung mit der berechneten Menge Zinntetrachlorid in konzentrierter Salzsäure versetzt, aus der Doppelverbindung die Base mit Alkali in Freiheit setzt und im Vakuum destilliert. (In der zinnhaltigen Mutterlauge ist keine isomere Verbindung, wie sich bei der diesbezüglichen Untersuchung ergab.) Indessen treten auch hierbei anscheinend immer wieder Spuren von Polymerisationsprodukten auf. Absolut rein läßt sie sich nur, allerdings unter Verlusten, so darstellen, daß das aus der Zinnverbindung regenerierte Produkt in der nachstehend beschriebenen Weise mit Sublimat kombiniert und daraus die leicht dissoziierende Base mit niedrig siedenden Lösungsmitteln, welche dann wieder im Vakuum verdampft werden müssen, extrahiert wird.

Die Zusammensetzung der Verbindung ergibt sich aus der Analyse des Quecksilberchloridderivates. Sie ist monomolekular.

0,1936 g Sbst. in 23,6 g Benzol gaben eine Gefrierpunktserniedrigung von 0,293°. — 0,355 g Sbst. in 23,6 g Benzol gaben eine Gefrierpunktserniedrigung von 0.54°.

Mol.-Gew. Ber. 133. Gef. 140, 139.

Methylanthranil erstarrt ebenso wenig als Anthranil im Kältegemisch; der Geruch ist ebenfalls sehr ähnlich, etwas mehr terpenartig. Mit Wasserdampf ist die Base nach obiger Beschreibung flüchtig. Sie siedet gegen 245°, aber anscheinend nicht ohne Veränderung. Ein Übergang in Indoxyl oder Indigo beim Erhitzen konnte nicht bemerkt werden. Als Siedepunkt im Vakuum bei 40 mm Druck wurde 162° (korr.) beobachtet. Mit Lösungsmitteln, auch Ligroïn, ist sie mischbar. Die Basizität ist größer als beim Anthranil, denn die Verbindung wird von mäßig verdünnten Säuren (Salzsäure 1 : 3) noch gelöst. Die Salze sind meist leicht löslich und nicht alle kristallisierbar. Das salzsaure Salz kann in fester Form erhalten werden, wenn man die Zinnchloriddoppelverbindung mit Schwefelwasserstoff behandelt und das Filtrat im Vakuumexsikkator verdampft. Es ist leicht löslich in Wasser und Alkohol und ließ sich nicht umkristallisieren. Gegen 155° färbte es sich rötlich und schmolz gegen 160° unter Aufschwellen.

Die salzsaure Lösung der Base gibt auf Zusatz von Ferrocyanwasserstoffsäure einen gelben Niederschlag, welcher beim Kochen dissoziiert und sich teilweise zersetzt. Ferricyanwasserstoffsäure bewirkt Dunkelrotfärbung und Abscheidung eines amorphen Niederschlages und dunkelgefärbter Kristalle. Rhodanwasserstoffsäure gibt erst Trübung und dann Absonderung farbloser Nadeln.

Das Platindoppelsalz fällt auf Zusatz von Platinchlorid zur salzsauren Lösung der Base sofort in schwach gelben, farrenartigen Aggregaten aus. Schmelzpunkt 199—200° unter Zersetzung und Aufschäumen.

0,1305 g Sbst.: 0,0359 g Pt. — 0,1772 g Sbst.: 0,0487 g Pt.

$(C_8H_7NO)_2H_2PtCl_6 + 2H_2O$. Ber. Pt 27,36. Gef. Pt 27,50, 27,49.

Das Golddoppelsalz ist ebenfalls schwer löslich und bildet gelbe Kristalle, welche unter dem Mikroskop als flache, verwachsene Nadeln erscheinen. Umkristallisieren läßt sich die Verbindung ebenso wenig wie die vorige. Schmelzpunkt 125—127°.

Am charakteristischsten ist die Kombination mit Zinntetrachlorid. Dieselbe fällt auf Zusatz einer Lösung von Zinntetrachlorid in konzentrierter Salzsäure zur chlorwasserstoffsauren Lösung der Base sofort als farbloses Kristallpulver aus, welches

sich aus verdünnter heißer Salzsäure umkristallisieren läßt und sich daraus beim Erkalten in flächenreichen, kurzen Kriställchen abscheidet. Dasselbe wird auch beim Zusammengeben der salzsauren Basenlösung mit Zinnchlorür nach einiger Zeit erhalten, wobei der Luftsauerstoff oxydierend wirkt. Die Verbindung färbt sich von 215° an langsam gelb und zersetzt sich unter starkem Aufblähen bei 228°.

Sie hat die Formel

$$\left(C_6H_4<\begin{matrix}CO\\ |\\ N\cdot CH_3\end{matrix}\cdot HCl\right)_2 SnCl_4 .$$

0,2109 g Sbst.: 8,9 ccm N (23°, 737 mm). — 0,1655 g Sbst.: 6,9 ccm N (18°, 731 mm). — 0,1643 g Sbst.: 0,0402 g SnO_2. — 0,1902 g Sbst.: 0,2689 g AgCl.

$C_{16}H_{16}N_2O_2Cl_6Sn$. Ber. N 4,66, Sn 19,83, Cl 35,45.
Gef. N 4,60, 4,63, Sn 19,28, Cl 34,94.

Charakteristisch, wenn auch leicht löslich, ist die Doppelverbindung mit Quecksilberchlorid, welche, im Gegensatz zu der gleichen Substanz aus dem Bambergerschen Methylanthranil, die normale Zusammensetzung besitzt. Dieselbe sondert sich bei Zusatz von 2 Teilen Sublimat in ganz konzentrierter heißer, alkoholischer Lösung zu 1 Teil Methylanthranil beim Abkühlen in einer Kältemischung in goldgelben langen Nadeln ab. Dieselben dissoziieren leichter als die Doppelverbindung des Anthranils und lassen sich nicht umkristallisieren. Die Substanz schmilzt nach vorherigem Sintern bei 105° zu einer gelben Flüssigkeit, welche sich gegen 130° dunkel färbt.

0,3005 g Sbst.: 0,259 g CO_2, 0,057 g H_2O. — 0,2681 g Sbst.: 8,6 ccm N (16°, 735 mm).

$C_8H_7NO\cdot HgCl_2$. Ber. C 23,77, H 1,73, N 3,46.
Gef. C 23,52, H 2,10, N 3,61.

Methylanthranil und Phenylhydrazin.

Löst man die Base in der doppelten Menge Alkohol und gibt 1 Teil Phenylhydrazin zu, so beginnt, ohne daß Erwärmung erforderlich ist, nach einigen Stunden die Kristallisation des o-Methylamidobenzaldehydphenylhydrazons. Die Verbindung ist leicht löslich in Äther, Chloroform, Benzol und Alkohol. Aus letzterem Lösungsmittel oder aus Ligroïn scheidet

sie sich beim Erkalten in langen, ganz schwach gelben Nadeln ab. Die Substanz löst sich in verdünnten Säuren und fällt auf Zusatz von Soda wieder aus. Beim längeren Erhitzen im Wasserbade wird die saure Lösung zersetzt. Schmelzpunkt 123—124°.

0,1312 g Sbst.: 0,3587 g CO_2, 0,0788 g H_2O. — 0,136 g Sbst.: 03717 g CO_2, 0,0826 g H_2O. — 0,1068 g Sbst.: 18,25 ccm N (21°, 739 mm).

$C_{14}H_{15}N_3$. Ber. C 74,68, H 6,66, N 18.66.
Gef. C 74,56, 74,54, H 6,67, 6,74, N 18,90.

0,1925 g Sbst. in 20,3 g Benzol gaben eine Gefrierpunktserniedrigung von 0,198°. — 0,3272 g Sbst. in 20,3 g Benzol gaben eine Gefrierpunktserniedrigung von 0,338°.

Mol.-Gew. Ber. 225. Gef. 239, 239.

Aufspaltung mit Alkali.

Dieselbe erfolgt durch Erhitzen mit verdünntem Alkali im Rohr bei 150° noch nicht. 0,3 g Base wurden mit festem Ätzkali im Reagensglase rückfließend erhitzt, bis die gelbe Farbe des Öles verschwunden war. Die Schmelze wurde dann in Wasser gelöst und mit Äther extrahiert; nach dem Verdunsten des Lösungsmittels blieben, neben anderen, nicht näher charakterisierbaren Substanzen, Spuren von Methylanilin zurück. Die alkalische Lösung, mit verdünnter Salzsäure angesäuert, schied farblose Kristalle ab, welche sich als Methylanthranilsäure erwiesen und mit einem Vergleichspräparat nach Schmelzpunkt, Kristallform und Eigenschaften übereinstimmten. Ausbeute 0,06 g reine, aus Ligroïn umkristallisierte Säure.

Aus unserer frühesten Jugend.

Von J. Veit.

Aus der Universitäts-Frauenklinik zu Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 9. November 1903.

Die Einbettungsvorgänge des menschlichen Eies, welche durch die Arbeiten von Graf Spee und Peters in ein klareres Licht gebracht sind, werden vielfach noch so aufgefaßt, daß dabei eine Zerstörung mütterlichen Gewebes durch kindliches stattfindet. Ich kann mich dieser Ansicht nicht anschließen; der Uterus, der selbst stark wächst, ist vom ersten Beginn der Schwangerschaft ab nicht gespannt, sondern weich; nicht ein Tumor wächst in ihm, der ihn dehnt, sondern das Ei, das einen formativen Reiz ausübt. Das Ei sinkt durch eine im Epithel vorhandene Lücke in das Schleimhautbindegewebe ein; eine derartige kleine Lücke anzunehmen, wird uns nicht schwer, da wir ja über das Intaktbleiben des Endometriums bei der Menstruation immer noch diskutieren; die Lücke braucht also nicht durch das Ei gebildet zu werden, sondern das Ei findet sie schon. Endlich wird die Lücke nach dem Eintritt des Eies, sofort geschlossen. Hätte das normale Ei zerstörende Kräfte, so würde es den Verschluß dieser Lücke hindern, oder es würde bei seinem Wachstum eher diesen schwachen Punkt wieder zerreißen als mütterliche Gefäße anfressen. An der Grenze zwischen Ei und mütterlichem Gewebe sieht man nur Wucherung auf beiden Seiten; erst nach Eröffnung des Plazentarkreislaufes entsteht der Fibrinstreifen aus den beiderseitig absterbenden Geweben, die nun nicht mehr zur Ernährung nötig sind.

Die Lücke im Epithel findet sich am Ende der prämenstruellen Kongestion; um diese Zeit sind die Kapillaren strotzend mit Blut gefüllt, Blutkörperchen liegen schon im interglandulären Gewebe; sie werden natürlich auch das Ei bei seinem Eintritt

berühren; eine weitere Diapedese wird der Eröffnung der Kapillaren vorangehen. Diese selbst erfolgt ohne weiteres beim weiteren Wachstum der Decidua, indem Trophoblastzellen die Stelle der Endothelien einnehmen.

So wenig man aber durch die Eieinbettung eine Zerstörung mütterlichen Gewebes findet, so wenig eine Vergiftung der Mutter durch die Stoffwechselprodukte des Fötus. Schon am jugendlichen Ei, das Siegenbeek van Heukelom veröffentlichte, findet man fötale Elemente in mütterlichen Gefäßen. Die Anwendung der Ehrlichschen Seitenkettentheorie erklärt mir die Stoffwechselverhältnisse ohne Schwierigkeiten; stärkere Störungen im Befinden von Mutter oder Kind erklären sich nicht durch die Schwangerschaft an sich, sondern durch pathologische Zustände des Uterus oder des Eies.

Vergleichende Studien über die vulkanischen Phänomene im Gebiete des Tafeljura.

Von W. v. Knebel.

Aus dem mineralogisch-geologischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 25. Mai 1903.

Das Land zwischen Rhein und Bayrischem Wald, Donau und Main — die sog. süddeutsche Tafel — war ehemals aus horizontal gelagerten Schichten der Trias- und Juraformation aufgebaut. Darunter befanden sich im nördlichen und westlichen Teil unseres Gebietes noch paläozoische Gebilde. Diese werden wiederum von Urgestein, welches die Basis der ganzen süddeutschen Tafel bildet, unterlagert.

Heute sind die mesozoischen Sedimente großenteils nicht mehr vorhanden. Im Schwarzwald steht nur noch die untere Trias, der Buntsandstein, an. Alle die ihn ehemals überlagernden Massen der oberen Trias und des Jura sind abgetragen worden. Spuren derselben finden sich nur in dem Gang vulkanischen Tuffes, welcher bei Albersbach im Schwarzwald ansteht. Aber auch der Buntsandstein ist großenteils im Schwarzwald entfernt, so daß das ältere Gebirge hervortritt. Das gleiche wie vom Schwarzwald gilt auch vom Odenwald. Nur sind die jüngsten Gesteine, deren spärliche Reste hier noch vorkommen, nicht oberer Jura, sondern Lias [1]).

Die ursprünglich vorhandene Schichtenreihe hat sich nur noch in einem Streifen Landes erhalten, welcher vom Rhein her in nordöstlicher Richtung sich nördlich der Donau bis Regensburg hinzieht, um sich, von da nach Norden umbiegend, bis nach

---

[1]) Vgl. Salomon, Muschelkalk und Lias am Katzenbuckel. Zentralblatt f. Mineralog., Geolog. und Paläontologie 1902, 651—656.

Thüringen zu erstrecken. Dieser Streifen Landes, in welchem sich die Juraformation noch erhalten hat, ragt als ein Gebirge steil empor; man nennt es das Juragebirge und teilt es in den schwäbischen und fränkischen Jura ein.

Das Tafelgebirge des Jura hat sich ehemals weithin nach Norden erstreckt; es waren die Schichten der Juraformation auch in den Gebieten, wo sie heute scheinbar spurlos verschwunden sind, einst vorhanden. Dies beweisen einmal die Reste dieser Formation, welche man inmitten des Triasgebietes teilweise in Gestalt grabenförmiger Versenkungen bei geologischer Kartierung tatsächlich gefunden hat, sodann beweisen dies die Einschlüsse von Sedimentgesteinen in den vulkanischen Auswurfsprodukten, welche sich in diesem Gebiete vorfinden, und welche zu einer Zeit hervorgebrochen sind, als an ihren Eruptionspunkten die Juraschichten noch anstanden.

Zu jungtertiärer (miozäner) Zeit ist der Vulkanismus vielerorts in dem süddeutschen Tafellande extrusiv geworden.

Man kann neben drei größeren Vulkangebieten noch einige isoliert gelegene Lokalitäten unterscheiden, an welchen der Vulkanismus in geringem Maße tätig gewesen ist.

Die vulkanischen Vorgänge beschränken sich im ganzen auf folgende Gebiete:

I. die drei größeren Vulkangebiete
   1. Gebiet von Urach,
   2. Hegau,
   3. Ries von Nördlingen.

II. kleinere völlig isoliert gelegene Schauplätze vulkanischer Tätigkeit
   4. die Basaltmaare von Oberleinleiter in der fränkischen Schweiz,
   5. das Steinheimer Becken.

I.

Die drei gröfseren Vulkangebiete.

1. Das Vulkangebiet von Urach.

Ich beginne mit dem vulkanischen Gebiete von Urach in Schwaben, welches durch die umfassenden geologischen Studien

Brancos[1]) bekannt geworden ist. Hierselbst ist an weit über 100 Stellen ausgeworfenes vulkanisches Gestein, also vulkanischer Tuff, zu beobachten, welcher in gangförmiger Lagerung das Juragebirge durchsetzt. Das vulkanische Auswurfsmaterial erfüllt Explosionsröhren, welche sich der Vulkanismus durch die feste Erdrinde hindurchgeblasen hat.

Das vulkanische Gestein, welches sich in diesen Eruptionskanälen befindet, besteht zum großen Teil, wie gesagt, aus Tuffen, zum (kleineren) Teil aber auch aus fester, basaltischer Lava. Bei allen diesen Vorkommen besteht aber eine gangförmige Lagerung; nirgends ist soviel hervorgebrochen, daß es zur Bildung von Aschendecken gekommen ist; nirgends ist auch Lava in solcher Menge hervorgequollen, daß Lavaströme entstanden sind. Der Vulkanismus trägt, wie wir sogleich sehen werden, gewissermaßen ein embryonales Gepräge; daher hat Branco die vulkanischen Gebilde von Urach als Vulkanembryonen bezeichnet.

Das geologisch wichtige an diesen Vulkanembryonen ist von Branco ausführlich dargelegt worden; ich fasse das hier in Betracht kommende in folgende Punkte zusammen:

1. Die vulkanischen Auswurfsmassen sind gangförmig gelagert. Sie werden emporgeschleudert und erfüllen nun als vulkanische Tuffe ihre eigene Auswurfsröhre, in welche sie wieder zurükgefallen sind.

2. Die vulkanischen Gebilde sind durch einen nur sehr kurze Zeit hindurch währenden Akt vulkanischer Tätigkeit entstanden. Diese Tätigkeit erlosch unmittelbar, nachdem sie in einer einmaligen Explosion zur Wirkung gekommen war. Denkt man sich die vulkanische Tätigkeit fortgesetzt, so würde ein echter Vulkan entstanden sein, dessen Eruptionsmassen sich zu einem Vulkanberge angehäuft hätten. Da dies aber nicht der Fall ist, so haben wir es mit Vulkanembryonen zu tun, welche in diesem gleichsam embryonalen Zustande verharrt sind.

3. Das Material, welches die Ausbruchsröhren ursprünglich erfüllte, — also die Schichten der Trias- und Juraformation — ist durch die explosive vulkanische Tätigkeit, welche die Bildung der Tuffe zur Folge hatte, herausgeschleudert und

[1]) W. Branco, Schwabens 125 Vulkanembryonen, Stuttgart 1896.

verstiebt worden. Da man die auf solche Weise entstandenen Explosionstrichter von jeher als Maare bezeichnet hat, so sind diese Uracher Vulkanembryonen auch als Maare anzusprechen.

Maare sind im allgemeinen sehr selten auf der Erde; nur wenige hundert sind davon bekannt[1]), hier aber sind auf dem kleinen Areal von nur 20 Quadratmeilen allein schon mehr als 100 vorhanden.

4. Da diese Maare im Vergleich zu den übrigen bekannten Maaren (abgerechnet die Maare, welche uns Bücking aus der Rhön kennen lehrte) sehr hohen Alters sind — sie sind ja tertiär (mittelmiozän), also viel älter als z. B. die Maare der Eifel und der Auvergne —, so hat die Erosion hier bei Urach im Laufe der Zeit die Maarkanäle vielfach ausschneiden können, so daß man das Profil eines solchen auf eine Tiefe von mehreren hundert Metern erkennen kann. Von rezenten Maaren dagegen weiß man nicht, wie sie in der Tiefe aussehen.

5. Da diese Maarkanäle mit vulkanischem Tuff erfüllt sind, welcher stellenweise geradezu gespickt ist mit Einschlüssen von denjenigen Sedimentgesteinen, welche sie durchbrochen haben, so kann man aus eben diesen Einschlüssen auch die Gesteine erkennen, welche in der Tiefe anstehen, — also somit dem Auge verborgen geblieben wären.

6. Da diese Maartuffröhren mit wirr durcheinandergewürfeltem ausgeblasenen Material vulkanischer Gesteine und Sedimentgesteine erfüllt sind, so kann man aus den Einschlüssen in den Tuffen fernerhin erkennen, ob auch Gesteine, welche heute in der Umgebung des Eruptionspunktes nicht anstehen, einstmals vorhanden waren oder nicht, d. h. ob sie jetzt abgetragen, zur Zeit der Eruption aber noch anstanden, oder ob sie niemals dagewesen sind. So kann man aus den Einschlüssen, welche in dem inmitten des Keupergebietes liegenden Tuffgang von Scharnhausen bei Stuttgart vorkommen, erkennen, daß zur Zeit der Eruption noch der Jura vom Lias bis hinauf in den Malm hier vorhanden gewesen ist. Der Vulkanembryo von Scharnhausen ist also inmitten jurassischer Sedimente hervorgebrochen, welche aber alle bis auf die in dem

[1]) Vgl. W. Branco, l. c. II. Teil 1895, 216—218.

besagten Maartuffgang von Scharnhausen in Gestalt von Einschlüssen erhaltenen Reste spurlos abgetragen sind.

7. Neben dem vulkanischen Tuff, welcher von der explosiven Art des Vulkanismus Zeugnis ablegt, findet sich in den Maartuffröhren oftmals auch zusammenhängender Schmelzfluß vor, der jedoch zumeist nur gangförmig zwischen den Tuffmassen aufgestiegen und in diese gleichsam eingepreßt vorkommt; die Lava scheint aber nur selten bis zur Oberfläche emporgequollen zu sein.

8. Endlich sind diese Vulkanembryonen durch einen weiteren Umstand für den Geologen von ganz besonderem Interesse; sie sind nämlich völlig unabhängig von Dislokationen der Erdrinde hervorgebrochen.

Die allgemeine Lehrmeinung ist bekanntlich die, daß immer dort eine Spalte vorhanden sein muß, wo der Vulkanismus sich durch die Erdrinde hindurch Bahn bricht. Da, wo man diese Spalten nicht nachweisen konnte, hat man sie als vorhanden vorausgesetzt. Hier aber hat Branco zeigen können, daß Spalten nicht vorhanden sind. Seitdem hat man in den verschiedensten Teilen der Erde Vulkangebiete kennen gelernt, in welchen ebenfalls der Vulkanismus unabhängig von Bruchspalten der Erde hervorgebrochen zu sein scheint. In dem Vulkangebiet von Urach kann man wohl am deutlichsten die Tatsache beobachten, daß der Vulkanismus sehr wohl die Kraft besitzt, sich selbständig unabhängig von Bruchspalten durch die Erdrinde hindurchzubrechen. Die vulkanische Kraft ist so gewaltig groß, daß sie die Erdrinde, gleichsam wie eine Kugel ein Blatt Papier, also unabhängig von „locis minoris resistentiae“ zu durchbrechen vermag.

In diesen 8 Punkten sind die Ergebnisse der wichtigen Studien Brancos, soweit sie bei unserem weiteren Vergleich der vulkanischen Erscheinungen im Gebiete des süddeutschen Tafellandes in Betracht kommen, zusammengefaßt. Auf diese Punkte werden wir immer wieder zurückkommen müssen.

Wenden wir uns nun zum Hegau.

2. Der vulkanische Hegau.

Nördlich vom Bodensee befindet sich inmitten des Tafeljura, an drei Seiten von letzterem eingerahmt, der sog. Hegau,

eine weite, etwa viereckig gestaltete Ebene, welche geologisch als ein Senkungsfeld aufgefaßt wird.

Inmitten dieser Ebene ragen einzelne Berge steil empor und bilden verschiedene, zum Teil beträchtliche Höhen, welche als Hohentwiel, Hohenkrähen, Mägdeberg, Hohenstoffeln, Hohenhöwen u. a. allgemein bekannt sind.

All diese meist sehr steilen Berghöhen bestehen aus erstarrtem Vulkangestein, — die umgebende Ebene aber ist mit vulkanischem Tuff bedeckt.

Im Gegensatz zu den kleinen Eruptionen, welche in dem Vulkangebiet von Urach stattgefunden haben, ist es also im Hegau zum Auswurf gewaltiger Tuffmassen gekommen, welche, eine mächtige Tuffdecke bildend, den ganzen Hegau einnehmen. Bei Urach ist hingegen nur so wenig Tuff ausgeworfen worden, daß dieser die Auswurfsröhren allein erfüllt, nirgends aber deckenförmig gelagert ist.

Ich habe jedoch dargelegt[1]), daß stets bei vulkanischen Explosionen nur ein Teil des ausgeworfenen Materiales in die Explosionsröhre zurückfallen kann, der andere aber in Gestalt einer Tuffdecke den Eruptionspunkt umgeben muß. Denn die Tuffe besitzen eine viel geringere Dichte als das Gestein, welches sie verdrängt haben. Ein zerstiebtes Gestein nimmt, wie meine Messungen gezeigt haben, nahezu das doppelte Volumen als ehedem ein, wo es noch ein festes war. Folglich kann, wenn lediglich eine „reine Gasexplosion" statt fand, nur die Hälfte des Tuffes in der Röhre Platz finden; die andere Hälfte aber muß eine allerdings nur unbedeutende Tuffdecke bilden. Wenn nun die Explosion auch noch von dem Auswurf des aus größerer Tiefe stammenden vulkanischen Materials begleitet ist, so kann die Explosionsröhre auch nicht einmal mehr die Hälfte des vulkanischen Auswurfsmateriales fassen. Der größere Teil des Tuffes muß dann in der Umgebung des Eruptionspunktes niederfallen und in deckenförmiger Lagerung auf der Erdoberfläche liegen bleiben. Dies ist auch zweifelsohne bei Urach der Fall gewesen, nur hat die Erosion die Tuffdecken bereits entfernt.

Im Hegau liegen die Verhältnisse aber anders, hier sind so große Mengen vulkanischen Materiales ausgeworfen, daß es

[1]) v. Knebel, Studien über die vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries. Zeitschrift der deutschen Geolog. Ges. Berlin 1903, 55, 56.

zur Bildung großer Decken, ja sogar zur Entstehung von vulkanischen Aschenbergen gekommen ist.

Darin aber gleichen sich Hegau und Urach: In beiden Gebieten hat sich der Vulkanismus vorwiegend von seiner explosiven Seite geäußert; in Urach hat sich infolge der Masse an Gasen ganz vorwiegend vulkanischer Tuff gebildet, während gasarmer Schmelzfluß nur in untergeordnetem Maße in die Höhe stieg. Zur Bildung eines Lavastromes ist es im Uracher Vulkangebiet niemals gekommen. Ebensowenig ist dies aber auch im Hegau der Fall gewesen. In erster Linie haben hier große vulkanische Explosionen die Bildung von Tuffdecken bewirkt; in zweiter Linie erst kommt das Aufsteigen von Lava in Betracht, welche in den Eruptionsschloten der Tuffmassen bis zur Oberfläche emporstiegen, jedoch niemals in Gestalt eines Lavastromes übergeflossen ist.

Nur springen im Hegau die vulkanischen Magmen weit mehr in die Augen als bei Urach, weil sie in Gestalt großer Berge emporragen.

Man hat solche steilen Lavaberge auch als „Quellkuppen“ bezeichnet und angenommen, daß sie als eine sehr zähflüssige Lava emporgequollen seien, welche nicht mehr im Stande war, auf der Erdoberfläche auseinanderzufließen. Demgegenüber haben die württembergischen Geologen, insonderheit O. Fraas, welcher das Atlasblatt Hohentwiel geognostisch bearbeitet hat, von jeher behauptet, daß diese Quellkuppen des Hegaus nichts anderes sind als die Ausfüllungen der ehemaligen Eruptionskanäle, welche des sie einst umgebenden Tuffmantels durch die Abtragung teilweise beraubt sind, von welchen sich aber noch deutliche Reste vorfinden. So kann man besonders deutlich am Hohentwiel beobachten, wie sich der innere Kern, die Quellkuppe, aus dem Tuffgebirge gleichsam herausgeschält hat. So sind namentlich auf der westlichen und nordwestlichen Seite noch beträchtliche Reste des ursprünglich vorhandenen, aus vulkanischen Aschen bestehenden Berges zu beobachten.

Aus diesen Umständen geht hervor, daß bereits gewaltig große Massen von vulkanischem Tuff der Abtragung erlegen sein müssen. Folglich ist das Verhältnis zwischen den durch die explosiven Kräfte zerstiebten Tuffmassen einerseits und den Massen zusammenhängender Lava andererseits, welche hier-

selbst emporgestiegen ist, ein noch viel größeres, als man nach den obigen Notizen annehmen könnte.

Hiermit vermehrt sich aber auch die Analogie zwischen den Uracher Vulkanen und denen des Hegaus. In beiden überwiegen bei weitem die Spuren der explosiven Seite des Vulkanismus über die der einfachen eruptiven. Ebenso wie bei Urach ist also auch im Hegau der zusammenhängende Schmelzfluß in der Eruptionsröhre in die Höhe gestiegen; hier nur in größerem, dort in geringerem Maße.

Das Verhältnis der Masse der Lava zu der des Tuffes wird aber im Hegau ungefähr das gleiche sein wie bei Urach.

Aus diesen Tatsachen geht hervor, daß der Vulkanismus des Hegaus sich von der Form, wie er bei Urach hervorbrach, nur durch den Umstand unterscheidet, daß an ersterem Orte weit größere Mengen vulkanischen Materiales ausgeworfen sind als an letzterem.

Der Vulkanismus beider Gebiete gleicht sich aber darin, daß die vulkanische Tätigkeit

1. vorwiegend explosiver Natur war,
2. daß es nirgends zu stromförmigem Erguß von Lava kam,
3. daß der Vulkanismus nur kurze Zeit hindurch tätig war; mehrere Generationen vulkanischer Tätigkeit kennt man weder im Hegau, noch in Urach.

Wenn man diesen letzteren Umstand als das Wesentliche eines Vulkanembryonen ansieht, so muß man auch die Hegauer Vulkane als Embryonen bezeichnen. Sie sind mehr als die Embryonen von Urach, aber sie sind noch keineswegs ausgewachsene Vulkane. **Jedenfalls tragen die vulkanischen Phänomene des Hegaus einen sehr embryonalen Charakter zur Schau.**

Wenn nun auch die Erscheinungsformen der vulkanischen Gebilde des Hegaus und von Urach insofern sehr ähnlich sind, als wir es hier wie dort mit embryonalen Vulkanen zu tun haben, so treten uns aber in anderer Hinsicht auch Verschiedenheiten entgegen. So bestehen die Eruptionsgesteine von Urach durchweg aus einem und demselben Material, nämlich aus Basalten (zumeist Melilithbasalten), während die Hegauvulkane aus zweierlei Material bestehen: einerseits aus Phonolithen, anderer-

seits aus Basalt (Nephelin-Melilithbasalt). Und zwar verteilen sich diese hinsichtlich ihrer Azidität so verschiedenen Eruptivmagmen, bezw. deren Tuffe derart, daß die östliche Hälfte aus Phonolithen, die westliche aus Basalten besteht.

Welches von den beiden Eruptionsgesteinen das ältere ist, kann zur Zeit noch nicht entschieden werden. O. Fraas scheint die Basalte als das ältere anzusehen[1]). Nach der allgemein gültigen Reihenfolge magmatischer Ausbrüche eines Vulkangebietes, welches F. v. Richthofen zuerst erkannt hat, würde allerdings der Basalt als das jüngere a priori anzunehmen sein. Indessen ist es bis jetzt noch nicht möglich gewesen diese Frage im Hegau mit Sicherheit zu entscheiden.

Beim Vergleich der Hegauvulkane mit denen von Urach muß allerdings noch eines Umstandes Erwähnung getan werden, nämlich der Spaltenbildung bei den Vulkanen.

Die Vulkane des Hegaus sitzen, wie O. Fraas angibt, auf Spalten der Erdrinde auf, welche sich durch die reihenförmige Anordnung der Eruptionspunkte zu erkennen geben. Anders die Vulkane von Urach. Diese sind, wie Branco nachwies, unabhängig von Spalten hervorgebrochen; sie lassen demgemäß auch nie eine Anordnung der Eruptionspunkte in Reihen erkennen.

Die vergleichenden Studien beider Gebiete führen somit zu dem Ergebnis:

Der Vulkanismus hat im Uracher Gebiet eine weitaus größere Kraft entfaltet als im Hegau. Im umgekehrten Verhältnis dazu steht die Masse des ausgeworfenen Materiales in beiden Gebieten; denn die Quantität ausgeworfener Massen ist im Hegau bei weitem gewaltiger als bei Urach. Hinsichtlich des petrographischen Charakters des Eruptionsmateriales bestehen in beiden Gebieten Verschiedenheiten, hinsichtlich der Form aber, unter welcher der Vulkanismus extrusiv ward, bestehen Analogien: in beiden Gebieten haben wir eine embryonale Form des Vulkanismus vor uns.

---

[1]) O. Fraas, Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg, Atlasblatt Hohentwiel, S. 4. Der Verf. hebt hier übrigens hervor, daß seine Ansicht nicht mit Sicherheit erwiesen sei.

Das vulkanische Ries.

Beinahe 80 km in nordöstlicher Richtung vom Uracher Vulkangebiet entfernt befindet sich das dritte große Vulkangebiet des schwäbischen Jura, das Ries.

Über die Entstehung des Rieses und die merkwürdigen vulkanischen Phänomene, welche sich daselbst ereignet haben, sind in neuerer Zeit eingehendere Studien gemacht worden[1]).

Es hat sich bei denselben ergeben, daß in miozäner Zeit an Stelle des großen, kreisförmigen, 80 km im Umfange messenden Rieskessels sich ehedem ein Berg emporgewölbt haben muß. Branco und Fraas führen die Hebung des Riesgebietes auf einen Lakkolithen zurück, dessen Masse sich in das Urgestein eingepreßt und dabei Teile desselben in die hohe Lage, in der wir es im Rieskessel antreffen, emporgehoben habe.

Die Hebung des Riesgebietes fand ihren Abschluß in einer Reihe großer Explosionen, welche einerseits die merkwürdigen Überschiebungen zum Teil sehr großer Schollen veranlaßten, deren Spuren wir in der Umgebung des Rieses antreffen, andererseits die Vergriesungsgebiete hervorgebracht haben, welche uns in dem sogenannten Vorriese, einem vulkanischen Gebiete, das dem Ries im Süden vorgelagert ist, entgegentreten.

Diese Vergriesungsgebiete sind höchst eigenartiger Natur; sie haben ihren Namen von dem Umstand, daß die Gesteine, welche in ihnen vorkommen, zertrümmert, „vergriest“ sind. Die Anzahl der Vergriesungsgebiete mag sich auf etwa 10 belaufen. Ihre Gestalt ist eine rundliche oder ovale. An Größe sind sie sehr verschieden von einander: einige haben mehrere Kilometer im Durchmesser, andere wieder nur wenige hundert Meter.

Die vulkanischen Explosionen, welche die Vergriesungsgebiete schufen, haben die Schichtenmassen derart emporge-

---

[1]) Branco und Fraas, Das vulkanische Ries von Nördlingen in seiner Bedeutung für die Fragen der allgemeinen Geologie. Abhandl. k. Akad. d. Wiss., Berlin 1901. — W. Branco, Das vulkanische Vorries und seine Beziehungrn zum vulkanischen Ries von Nördlingen. Abhandl. d. K. Akad. d. Wiss. Berlin 1902. — v. Knebel, Studien über die vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries. Zeitschrift d. deutschen Geolog. Gesellsch. 1903.

schleudert, daß sie beim Wiederherabfallen zu Gries zerschmettert sind. Bei diesem Explosionsvorgang wurden gleichzeitig des öfteren größere Schollen aus der Tiefe emporgerissen, welche zwischen die vergriesten Massen jüngerer Horizonte zu liegen kamen.

Vulkanisches Material ist bei diesen Explosionen nicht ausgeworfen worden.

Branco[1]) sieht in diesem Vergriesungsphänomen eine besonders embryonale Form des Vulkanismus, welche gleichsam noch embryonaler ist als bei Urach. Während bei den Uracher Vulkanembryonen der explosive Vulkanismus sich noch eine Eruptionsröhre durch das Gestein hindurchzubrechen vermocht hat, so ist es hier im Ries nicht einmal dazu gekommen. Vielmehr haben sich hier die vulkanischen Gasmassen damit begnügt, die in den Schichtenmassen vorhandenen kleineren Klüfte und Spalten zum Austritt zu benützen. Sie sind dann mit so großer Gewalt hervorgebrochen, daß die ganzen Schichtenmassen daselbst emporgeworfen und in ihrem Verbande dermaßen gelockert wurden, daß sie zu „Gries" zersplittert sind.

Diese Explosionen sind allem Anscheine nach, wie auch Branco ausgeführt hat, unabhängig von größeren Dislokationen oder gar klaffenden Spalten erfolgt[2]).

Jedenfalls haben wir es hier mit einer ganz besonderen, zugleich auch äußerst seltenen Erscheinungsform des Vulkanismus zu tun. Ähnliches ist noch in keinem anderen Vulkangebiet als im Ries beobachtet worden.

Wir haben also jetzt unter den vulkanischen Ereignissen des Rieses zwei Vorgänge zu trennen, nämlich:

1. die Hebung des Riesgebietes zu einem Berge infolge lakkolithischer Intrusion,
2. die Explosionen, welche die Überschiebungen in der Peripherie des Rieses und die Entstehung der Vergriesungsgebiete zur Folge hatten.

Nun kommt noch ein weiterer Vorgang hinzu, nämlich:

3. die vulkanischen Eruptionen.

---

[1]) W. Branco, Die Griesbreccien des Vorrieses als von Spalten unabhängige früheste Stadien embryonaler Vulkanbildung. Sitzungsberichte d. K. preuß. Akademie d. Wissenschaften 1903, 748—756.

[2]) W. Branco, l. c. 755, 756.

Die vulkanischen Eruptionen sind von den Explosionen durch eine, geologisch gesprochen, kurze Zeit getrennt. Sie tragen genau wie bei Urach ein durchaus embryonales Gepräge.

Die Eruptionsmassen des Rieses bestehen ebenso wie dort aus gangförmig gelagerten Tuffmassen, welche aber nicht wie bei Urach basaltischer Natur sind, sondern einerseits aus trachytischen Tuffen, andererseits aber aus solchen Tuffen bestehen, denen jede Spur von ausgeworfenem vulkanischen Material (Bomben, Lapilli) fehlt.

Diese letzteren habe ich als Produkte „reiner Gaseruptionen" von den ersteren, den liparitischen (oder besser trachytischen) Tuffen unterschieden.

Eine räumliche Trennung, d. h. eine Lokalisierung beider Tuffarten, etwa wie im Hegau, ist nicht vorhanden, sie kommen neben einander vor.

Eine deckenförmige Lagerung der Tuffe kennt man im Ries so wenig wie bei Urach, denn in beiden Gebieten ist der Vulkanismus in einem durchaus embryonalen Zustand verharrt, so daß überhaupt nur sehr unbedeutende Massen ausgeworfen werden konnten. Deswegen sind auch nirgends mehrere Generationen von vulkanischen Ausbrüchen zu unterscheiden.

Im Vulkangebiete von Urach sind, wie wir sehen, Lavamassen an verschiedenen Stellen in die Höhe gestiegen.

In ungleich bescheidenerem Maße hat dies auch im Ries stattgefunden. Hier ist dies wohl nur an zwei Stellen der Fall: bei Amerbach und bei Polsingen im Osten und Nordosten des Rieskessels[1]).

Ja sogar die bei diesen Orten hervorgequollenen Eruptivgesteinsmassen sind irrtümlich von Gümbel für Tuffe gehalten worden. Meine Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß wir es mit einem echten Schmelzfluß zu tun haben.

Da nun die Gesteine von Polsingen und Amerbach als Tuffe angesprochen wurden, hat auch C. W. v. Gümbel immer betont, daß im Ries der Vulkanismus sich nur von seiner ex-

[1]) Der den Granit des Wenneberges im Rieszentrum durchbrechende Eruptivgesteinsgang wird als alteruptives Gestein gedeutet, das mit dem umgebenden Granite gehoben ist. Die noch unveröffentlichten Untersuchungen von E. Schowalter scheinen aber zu zeigen, daß hier ein jungvulkanisches Eruptivgestein gleich dem von Amerbach vorliegt.

plosiven Seite gezeigt habe[1]); indessen kennen wir nun ebenso wie bei Urach auch im Riesgebiet Lokalitäten, an welchen Magma emporgequollen ist. In beiden Vulkangebieten sind aber entsprechend der embryonalen Natur der Eruptionen nur geringe Lavamengen aufgestiegen.

Die einander scheinbar so ähnlichen Vulkanembryonen vom Ries und von Urach unterscheiden sich jedoch in einem Punkte — demselben, in welchem sich die letzteren auch von denen des Hegaus unterscheiden, — nämlich dem Umstand, daß im Uracher Vulkangebiet die Eruption unabhängig von Spalten oder anderweitig als loci minoris resistentiae zu bezeichnenden Stellen hervorgebracht sind, während im Ries dies nicht der Fall ist. Vielmehr wurde der Vulkanismus erst zu einer Zeit extrusiv, als durch die bereits oben erwähnten Explosionen der Boden gleichsam dazu vorbereitet, d. h. zerrissen und zerstückelt war.

Nach Abschluß der Eruptionszeit im Riesgebiet hat sich durch allmähliche Einsenkung immer mehr der heutige Kessel in seiner charakteristisch kreisförmigen bis polygonalen Gestalt gebildet.

Der Boden des Kessels ist durch känozoische (obermiozäne und quartäre) Gebilde eingeebnet worden.

Vergleich zwischen den drei grofsen Vulkangebieten Hegau, Urach, Ries.

Aus dem Vorstehenden wissen wir, daß in den Vulkangebieten von Urach, des Hegaus und des Rieses der Vulkanismus in einer embryonalen Form extrusiv geworden ist, d. h. es war nur eine einmalige Periode vulkanischer Tätigkeit, bei welcher die vulkanischen Kräfte sich vollständig erschöpft haben.

In allen drei Gebieten überwiegt ferner die Masse des ausgeworfenen Tuffes bei weitem die des hervorgequollenen Schmelzflußes. Am meisten ist dies im Ries der Fall. Im Hegau ist am meisten Lava aufgestiegen, bei Urach nur wenig, im Ries dagegen fast garnicht (nur an den oben genannten Orten Amerbach und Polsingen und vielleicht auch am Wenneberg).

[1]) C. W. v. Gümbel, Geognostische Beschreibung der fränkischen Alb, 223, 224, — Geologie von Bayern 804. — Erläuterungen zur geognostischen Karte des Königreiches Bayern, Blatt Nördlingen, 25.

Zu einem stromförmigen Erguß von Lava ist es nirgends gekommen, weder im Hegau, noch bei Urach oder gar im Ries.

Deckenförmig gelagerten Massen vulkanischer Asche begegnen wir nur im Hegau. Im Ries dagegen wie auch bei Urach sind die Vulkane bereits in einem derart embryonalen Zustand erloschen, daß es nicht zur Ablagerung größerer Tuffdecken gekommen ist, welche sich bis auf die heutige Zeit erhalten konnte.

Hinsichtlich der Spaltenfrage der Vulkane läßt sich aus diesen geschilderten drei Gebieten folgendes entnehmen:

Der Vulkanismus vermag sich durch eigene Kraft unabhängig von in der Rinde vorhandenen ‚locis minoris resistentiae' den Ausweg zu schaffen. Dies ist bei Urach der Fall gewesen.

Anders ist es im Hegau. Hier waren Spalten vorhanden, auf denen die Eruptionspunkte aufsitzen. Die reihenförmige Anordnung der Vulkane weist auf sie hin.

Wiederum anders ist es im Ries. Hier hat der Vulkanismus in Gestalt großer Explosionen den Boden für die spätere Eruptionsperiode gewissermaßen vorbereitet, so daß die Vulkanembryonen des Rieses nur mit einem geringen Maß eigener Arbeit hervorbrechen konnten.

II.

Die kleineren vulkanischen Gebiete des Tafeljura.

1. Das Basaltmaar von Oberleinleiter in der fränkischen Schweiz.

Vom Ries aus erstreckt sich der Tafeljura noch etwa 80 km in ostnordöstlicher Richtung bis in die Gegend von Regensburg, um dann im rechten Winkel nach Nordnordwesten umzubiegen. Dieser Teil des Juragebirges wird der fränkische Jura genannt; der nördliche Teil desselben ist als Nordgaugebirge oder fränkische Schweiz bekannt.

Der fränkische Jura besteht ebenso wie der anschließende schwäbische aus horizontal gelagerten Schichten der Juraformation.

Inmitten dieses sonst von vulkanischen Ausbrüchen völlig freien Gebietes finden sich in der Umgebung von Oberleinleiter drei Stellen, an welchen nephelinführender Basalt hervorge-

brochen ist. Die Eruptionspunkte sind von einander $2^1/_2$ bezw. $1^1/_2$ km entfernt.

Das mittlere ist das größte Basaltvorkommen daselbst. Es befindet sich 1 km östlich von Oberleinleiter auf der Höhe des Häsigbergplateaus, welches aus den ungestörten Schichten des oberen Jura aufgebaut wird. Verschiedene Aufschlüsse in der Umgebung dieses Basaltes lassen genauere Studien bezüglich der Art des vulkanischen Ausbruches zu.

$1^1/_2$ km nördlich hiervon, am Heroldstein, südlich von Hohenpölz liegt das zweite Vorkommen. Es ist viel unbedeutender als das erstgenannte. Der Mangel an Aufschlüssen läßt auch Beobachtungen in der Umgebung des Basaltganges nicht zu.

Das dritte Vorkommen von Basalt ist noch unbedeutender als das vom Heroldstein. Es befindet sich ca. $2^1/_2$ km südlich vom erstgenannten Haupteruptionspunkt. Man kann schwarz gebrannte Jurakalke an mehreren Stellen daselbst sammeln. Da günstige Aufschlüsse gänzlich fehlen, sind Beobachtungen hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse der Gesteine und der Art des Hervorbrechens auch in der Umgebung des südlichsten der drei Gänge nicht zu machen.

Das wichtigste dieser Vorkommen ist also das vom Häsigberg bei Oberleinleiter. Hier ist der Basalt in mehreren Brüchen, welche gegenwärtig allerdings nicht mehr in Betrieb stehen, aufgeschlossen.

Die petrographische Untersuchung des Gesteines hat ergeben, daß dasselbe ein Nephelinbasalt[1]) ist. Neben dem Basalt ist aber auch vulkanischer Tuff, eine „reibungskonglomeratähnliche Masse", daselbst vorhanden, welcher gleich dem Basalt, gangförmig gelagert in Kontakt mit den Schichten des weißen Jura tritt. So erwähnt v. Gümbel:

> . . . „daß der Basalt nach den neuerlichen Aufschlüssen einen deutlichen, die Malmschichten quer durchsetzenden Gang bildet, den einerseits eine tuffähnliche Masse begleitet, während er auf der anderen Seite unmittelbar mit Jurakalk in Kontakt tritt." (S. 459.)

Dies ist aber ganz das gleiche Bild wie bei den Vulkan-

---

[1]) Leppla und Schwager, Der Nephelinbasalt von Oberleinleiter. Geognost. Jahresh. 1888.

embryonen Urachs und den vulkanischen Schloten der Rhön, welche uns durch die Studien Bückings bekannt sind [1]).

Letzterer Forscher unterscheidet bei den Schloten „je nach der petrographischen Beschaffenheit des Materiales, welches die Durchbruchskanäle erfüllt:

1. solche, welche nur von Breccien oder Tuff erfüllt sind,
2. solche, welche neben Breccien oder Tuff auch Eruptivgestein in geschlossenen, zusammenhängenden Massen enthalten,
3. solche, welche eine einheitliche Ausfüllung durch Eruptivgestein besitzen".

Der Basalt von Oberleinleiter würde also zur zweiten, die Vulkanembryonen von Urach und des Rieses in die erste und zweite Gruppe der Einteilung Bückings gehören.

Genau wie bei den Vulkanembryonen Urachs verhält sich auch der Basalt von Oberleinleiter hinsichtlich der Quantität der ausgeworfenen Massen.

Dieselben erfüllen nämlich, wie man sich leicht an Ort und Stelle überzeugen kann, den Eruptionsschlot und sind nirgends deckenförmig gelagert. Also kann nur sehr wenig Material ausgeworfen sein, da es sonst die Denudation kaum völlig entfernt haben könnte.

Ferner muß der Vulkanismus deswegen in einem embryonalen Zustand erstorben sein, sonst hätten die stetig nachdringenden Magmen es doch vermocht, den Eruptionsschlot vom vulkanischen Tuff völlig auszuputzen.

Nur in dem dritten von Bücking erwähnten Falle, wo das Eruptivgestein die ganze Röhre erfüllt, kann man von ausgewachsenen Vulkanen reden.

Da nun das Basaltvorkommen von Oberleinleiter einem Vulkanembryonen — also einem Maar — angehört, so kann man es der überwiegenden Basaltmasse wegen als ein „Basaltmaar" bezw. „Tuffmaar mit Basaltfüllung" bezeichnen.

Die explosive Tätigkeit des Vulkanismus, welche das „Maar" geschaffen, verrät sich nicht nur in den Tuffmassen, welche sich in dem Eruptionsschlot noch befinden, sondern

[1]) Vgl. H. Bücking, Über die vulkanischen Durchbrüche in der Rhön und am Rande des Vogelsberges. (Gerlands Beiträge zur Geophysik, Band VI, Heft, 2, 274.)

auch in dem Umstande, daß das Dolomitgestein, welches die vulkanische Esse umgibt, schwache Spuren von „Vergriesung“ erkennen läßt, wie wir dieselbe aus dem Ries bereits kennen. Hier hat also zweifellos die vulkanische Tätigkeit mit Explosionen eingesetzt, während es erst später zum Aufsteigen von zusammenhängendem Schmelzfluß gekommen ist.

Die Gestalt des Basaltmaares von Oberleinleiter ist eine rundlich-ovale, wie dies bei den meisten Vorkommen dieser Art der Fall ist. Die Größe ist weit geringer, als auf der Gümbelschen Karte angegeben. Aber immerhin mag der größte Durchmesser doch ca. 200—300 m betragen.

Über das Alter dieses Basaltmaares läßt sich garnichts näheres aussagen.

Es dürfte wohl wie alle die vulkanischen Gebilde des Tafeljura zur Tertiärzeit wahrscheinlich im Miozän entstanden sein [1]).

Die Umgrenzung des Basaltes, bezw. Basalttuffes gegen das Nachbargestein ist deutlich zu erkennen. Nirgends lassen sich Spuren tektonischer Störungen beobachten, welche etwa dem Vulkanismus den Ausweg geöffnet haben könnten. Und dennoch hat man gerade hier eine Spalte konstruiert.

---

[1]) Diese Ansicht vertritt auch C. W. v. Gümbel (a. a. O. 159). An andrer Stelle aber scheint Gümbel diese Basalte für älter zu halten, denn er erwähnt, daß hier „mitten im Malm eine Basaltmasse aus der Tiefe auftaucht, welche zweifelsohne durch die Jurakalkschichten emporgedrungen, also jüngeren Alters ist, wie die Basalte im Osten“ a. a. O. 641). Mit letzteren Basalten sind die von Kulmbach gemeint, welche im Gebiete des Dogger anstehen. Der Schluß, daß diese, weil im braunen Jura anstehend, älter seien als jene, welche im Gebiet des weißen Jura (bei Oberleinleiter) anstehen, ist nicht zulässig. Dieser Schluß würde zu dem Ergebnis führen, daß z. B. die Basalte von Oberleinleiter jurassisch wären, also älter als die, welche beispielsweise in Kontakt mit tertiären Gebilden treten.

Die Ansicht, daß die Leinleiter-Basalte jurassisch seien, scheint v. Gümbel auch tatsächlich gehabt zu haben, denn an wieder anderer Stelle sagt er: „das Fehlen eigentlichen Tuffmateriales deutet auf einen untermeerischen Ausbruch, dem dieser Basalt seinen Ursprung zu verdanken hat.“ (Erläuterungen zu dem Blatte Bamberg der geognostischen Karte des Königreichs Bayern, 44.) Da dies Gebiet seit Abschluß der Juraperiode dem Meere entrückt war, könnte hier wohl nur das Juramеer gemeint sein, an dessen Boden die Eruption erfolgt wäre.

Betrachtet man nämlich die Lage der drei Eruptionspunkte zu einander, so findet man, daß dieselben allerdings ungefähr auf einer geraden Linie liegen. So könnte man leicht zu der Annahme verleitet werden, daß hier eine Bruchspalte vorhanden sei, auf welcher die Vulkane hervorgebrochen seien.

C. W. v. Gümbel hat daher auch die Ansicht klar ausgesprochen, daß hier eine Spalte vorhanden sei: „ . . . das Auftreten der Basaltvorkommnisse am Altenberg, bei Oberleinleiter und Hohenpölz, welche sämtlich in einer Linie liegen, wenngleich allerdings nur bei Oberleinleiter der Basalt deutlich als anstehend erkannt werden kann, deutet auf das Vorhandensein einer Spalte hin, auf deren Erstreckung der Erguß des eruptiven Magma erfolgt war[1])."

Nun ist diese Spalte bisher noch keineswegs beobachtet worden; auch mir ist es nicht gelungen, durch meine Studien irgend eine Dislokation daselbst nachzuweisen, welche auf einen Zusammenhang des vulkanischen Ausbruches mit einer Spalte schließen ließe. Diese Spalte wäre aber auch schon deswegen nicht sehr wahrscheinlich, weil sie von Norden nach Süden mit einer schwachen Ablenkung von Nordosten bis Südwesten gerichtet wäre, — eine Spaltenrichtung, welche sich, wie übrigens v. Gümbel auch schon hervorhebt, nirgends in dem umgebenden Gebirge vorfindet. Denn der nördliche Teil des fränkischen Jura, das Nordgaugebirge oder die fränkische Schweiz, ist durch tektonische Ereignisse vielfach zerrissen.

Eine Reihe von nordnordwestlich bis südsüdöstlich streichenden Verwerfungsspalten, welche also der Hauptrichtung des des Gebirges parallel laufen, zerschneiden das Gebiet. Längs dieser Spalten läßt sich, wie C. W. v. Gümbel und L. v. Ammon nachgewiesen haben, ein treppenförmiger Abbruch nach Westen konstatieren.

Abgesehen von diesen Verwerfungsspalten kommen in dem Gebirge auch einfache Lithoklasen vor, d. s. solche Spalten in den Gesteinsmassen, längs welchen Verschiebungen der Schichten gegen einander nicht erfolgt sind.

Wie die besonders eingehenden Studien von A. Neischl[2])

[1]) v. Gümbel, a. a. O., 638—639.

[2]) A. Neischl, Die Höhlen der fränkischen Schweiz und ihre Bedeutung für die Entstehung der dortigen Täler. Nürnberg 1904.

hierüber erwiesen haben, besitzen diese Lithoklasen überall die gleiche Streichrichtung wie die Verwerfungsspalten, nämlich nordnordwestlich bis südsüdöstlich. Außerdem lassen sich in dem Gestein neben dieser Hauptkluftrichtung auch noch ein zweites Kluftsystem erkennen, welches genau senkrecht zum ersteren steht.

Dieser gleichmäßig gerichtete Verlauf der Lithoklasen ist für die Entstehung der Täler von Bedeutung gewesen. Denn diese sind, wie A. Neischl gezeigt hat, als Erweiterungen der vorhandenen Lithoklasen anzusehen.

Das Tal der Leinleiter, welches von nordnordwestlich bis südsüdostlich verlaufend in das Wiesenttal einmündet, ist nun auch aus einer solchen Lithoklase hervorgegangen.

In der nächsten Nachbarschaft dieser „Talbruchlinie" ist bei Oberleinleiter und Hohenpölz das basaltische Magma an besagten drei Stellen hervorgebrochen. Aber diese Basalteruptionen stehen nicht, wie man erwarten sollte, mit der Lithoklase, welche durch die Leinleiter zu einem tiefen Tale erweitert ist, in irgend welchem Zusammenhang. Im Gegenteil hat sich hier unmittelbar neben einer Bruchspalte der Vulkanismus durch die Erdrinde hindurch gearbeitet, ohne sich dieser zu bedienen.

Das Alter der Lithoklasen ist ja allerdings ebensowenig mit Sicherheit bekannt wie das des Basaltes. Daher könnte man wohl annehmen, daß die Talbruchlinie der Leinleiter möglicherweise jünger sei als die Vulkanausbrüche, so daß dem Umstand, daß unmittelbar neben der Spalte der Vulkanismus hervorgebrochen sei, keine Bedeutung zukäme.

Selbst wenn dem so wäre, so müßte dennoch an der Tatsache festgehalten werden, daß der Basalt unabhängig von einer Spalte hervorgebrochen ist. Denn wäre eine solche Spalte vorhanden gewesen, so hätte doch nicht unmittelbar neben dieser Spalte durch die tangentialen Kräfte der Erdrinde eine zweite, diese im spitzen Winkel schneidend, entstehen können, sondern die erste würde zu einer derartig bedeutenden Lithoklase umgewandelt worden sein, daß diese zweifelsohne zu einem Tal erweitert worden wäre.

Hieraus folgt, daß selbst wenn eine Vulkanspalte vorhanden wäre, diese doch jünger sein müßte als die Lithoklasen.

Da es aber in hohem Maße unwahrscheinlich scheint, daß neben der großen zu einem Tal erweiterten Leinleiterspalte eine zweite aufgerissen worden sei, welche dem Vulkanismus den Austritt verschafft habe, so kommen wir zu dem Ergebnis:

Der Vulkanismus ist in dem Basaltmaar von Oberleinleiter in der fränkischen Schweiz gleichwie bei den Maaren von Urach und den vielen hundert Eruptionsschloten der Rhön unabhängig von präexistierenden Spalten hervorgebrochen; **hier sogar fand der Durchbruch unmittelbar neben einer wahrscheinlich präexistierenden Spalte statt.**

Die vulkanischen Gebilde von Oberleinleiter tragen demnach ebenso einen embryonalen Charakter wie die übrigen vulkanischen Erscheinungen des Tafeljura.

5. Das Steinheimer Becken.

Von dem im Bereich des Juragebirges liegenden vulkanischen Gebieten bleibt uns nun noch eines zu besprechen übrig. Dieses eine Gebiet ist aber insofern nicht als ein eigentliches vulkanisches zu bezeichnen, als der Vulkanismus hierselbst allem Anschein nach garnicht extrusiv geworden ist, sondern sich nur durch eigentümliche, durch ihn bedingte Störungen in den Lagerungsverhältnissen zu erkennen gegeben hat. Dieses Gebiet ist das Steinheimer Becken.

Dasselbe ist ein kreisförmiger Kessel von ca. 3 km im Durchmesser, welcher in die Hochfläche des Allbuchs, eines Teiles der schwäbischen Alb, eingesenkt ist. In demselben ist der Ort Steinheim gelegen, welcher dem Becken den Namen gegeben hat.

Inmitten des Steinheimer Beckens erhebt sich ein Berg, der Klosterberg. Derselbe besteht merkwürdigerweise nicht, wie man der Höhenlage nach im Vergleich mit dem umgebenden Jura erwarten sollte, aus Gesteinen des oberen Malm, sondern aus verruschelten Schichten des unteren weißen Jura, des braunen und sogar des schwarzen Jura. Letztere sind also mindestens um 400 m senkrecht emporgehoben.

Diese Hebungserscheinung führt E. Fraas[1]) auf einen

[1]) E. Fraas, Der geologische Aufbau des Steinheimer Beckens. Jahresb. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württ. 1900.

Lakkolithen zurück, welcher sich in die Tiefe des Allbuch eingepreßt habe. Diese Annahme wird durch die äußerst genauen magnetischen Messungen Hausmanns bestätigt. Diese Messungen haben nämlich ergeben, daß die magnetische Inklination rund um das Becken herum Störungen aufweist; sie ist eine etwas größere, als man normaler Weise erwarten sollte. Die Isoklinen bilden Kreise, in deren Zentrum das Becken liegt. Die größere Inklination wird von Branco und Fraas auf ein in der Tiefe vorhandenes basisches — magneteisenführendes Magma zurückgeführt, welches intrusiv erstarrt ist. Störungen in den Isoklinen finden sich ja auch im Rieskessel, in dessen Tiefe sich ebenfalls ein lakkolithisch erstarrtes Magma vorfinden soll.

Die Malmschichten, welche an der Stelle, wo sich heute der Steinheimer Kessel befindet, ehemals anstanden, sind großenteils verschwunden; vielleicht mögen sie ähnlich wie im Ries durch vulkanische Explosionen beseitigt worden sein. Solche Explosionen haben zweifelsohne auch bei Steinheim stattgefunden; legen doch die „vergriesten" Malmkalke, welche daselbst vorkommen, Zeugnis hiervon ab.

Vulkanisches Eruptivgestein ist nirgends hervorgebrochen; es sei denn, daß es durch die obermiozänen und quartären Gebilde, welche den Boden des Becken erfüllen, dem Auge verborgen sei.

Die Erscheinungsform des Vulkanismus ist hier jedenfalls eine typisch embryonale; denn der Vulkanismus ist hierselbst im Innern der Erde — gleichsam als Embryo — stecken geblieben, ohne jemals völlig hervorzubrechen.[1]).

---

[1]) Auf eine ähnlich embryonale Form des Vulkanismus würden auch die von Joh. Walther, ca. 3 Meilen in östlicher Richtung vom Ries entfernt bei Solnhofen beobachteten Phänome hinweisen. (Briefliche Mitteilungen an W. Branco; vgl. Branco, Das vulkanische Vorries etc. 24—26.) Hierselbst treten, — falls wirklich echte vulkanische Gebilde vorliegen, was ja wohl durch Walther des weiteren erörtert werden wird — scheinbar gesetzmäßige Verruschelungen in den sonst völlig horizontal gelagerten Plattenkalken auf, welche Walther auf vulkanische Vorgänge, das „Ausklingen der Riesphänomene," zurückführt. Vulkanisches Material ist bei dem gedachten Vorgange nicht aus der Tiefe heraufbefördert worden. Ich hatte diese Beobachtungen zwar anders gedeutet, enthalte mich aber aus Mangel an zureichendem eigenen Beobachtungs-

Vergleichen wir die vulkanischen Erscheinungen, welche im Gebiete des Tafeljura auftreten, miteinander, so gelangen wir zu zwei wichtigen Ergebnissen:

I. Der Vulkanismus ist überall in einer mehr oder weniger embryonalen Form extrusiv geworden.

Zum Aufbau größerer Vulkane ist es nur im Hegau gekommen. Aber auch diese lassen, wie oben gezeigt wurde, noch eine Reihe embryonaler Merkmale erkennen.

Echte, als „polygen" zu bezeichnende Vulkane, bei welchen es in stetem Wechsel zum Hervorbrechen von Lavaströmen und Auswurf vulkanischen Tuffes gekommen ist, fehlen unserem Gebiete gänzlich.

II. Beziehungen zwischen den vulkanischen Ausbrüchen und der Tektonik der Erdrinde sind weder bei Urach, noch im Ries, noch bei Oberleinleiter in der fränkischen Schweiz, sondern nur im vulkanischen Hegau vorhanden.

Bei Urach und bei Oberleinleiter hat sich der Vulkanismus nachweislich unabhängig von Spalten durch die feste Erdrinde hindurch den Austritt erzwungen.

Im vulkanischen Ries haben große Explosionen zuvor stattgefunden, welche die Gesteinsmassen zerrüttet haben, so daß der Vulkanismus mit einem geringen Maße von eigener Arbeit extrusiv werden konnte. Aber die ersterwähnten vulkanischen Explosionen sind, wie Branco hervorgehoben hat, wahrscheinlich gleichfalls unabhängig von Spalten entstanden. Sonst müßten die durch sie gebildeten Vergriesungsgebiete eine mehr langgestreckte Form erkennen lassen.

Nur im Hegau scheint der Vulkanismus an Spalten gebunden zu sein, welche ihm den Austritt erleichtert haben. Vielleicht steht damit in Zusammenhang, daß hier die größten Massen vulkanischen Materiales hervorgebrochen sind.

---

material eines Urteiles. Zudem wird wohl Joh. Walther in seinen demnächst erscheinenden Studien aus dem Solnhofer Gebiet auch Eingehenderes hierüber mitteilen.

Die Entwicklung des Afters und der äufseren Geschlechtsorgane der Säugetiere.

Von A. Fleischmann.

Aus dem zoologischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 16. Februar 1903.

Im letzten Halbjahre hat Herr Dr. Schwarztrauber unter meiner Leitung das Urodäum der Säugetiere eingehend studiert, um die Lücken zu ergänzen, welche ich in meinem früheren Vortrage lassen mußte. Die dadurch sichergestellten Resultate sind folgende:

1. Das Urodäum, der blindgeschlossene Endabschnitt des Darmes, liegt bei Säugern in der kegelförmigen Urallippe.

2. Es besteht aus dem hohlen Uralsinus samt den Wolffschen Mündungen und Allantois und der soliden Uralplatte.

3. Das Rektum mündet in eine kurze, median dorsale Nebentasche des Urodäums, das Analrohr s. Pars analis recti.

4. Das Analrohr, das anfangs vom Ektoderm der Urallippe entfernt liegt, wird später an dasselbe herangeschoben. Dann grenzt die Uralplatte und das Analrohr an den kaudalen Abfall der Urallippe.

5. Hierauf wird der Zusammenhang der Uralplatte mit dem Analrohre gelöst, so daß das letztere dem Rektum verbunden bleibt und dessen Pars analis bildet.

6. Damit ist der Damm gebildet. Die Unterscheidung des primitiven und definitiven Dammes ist unbegründet.

7. Der After entsteht durch Zerreißung der distalen Wand des Analrohres.

8. Die Urallippe wird unterdessen in das Afterdammplateau, den Phalluszapfen und Umbilikalwulst gegliedert.

9. Am basalen Rande der Uralplatte, dicht vor dem Damm

wird die Uralpforte, Orificium urodaei, geschaffen, indem die Höhlung des Uralsinus bis gegen das Ektoderm der Lippenfläche vordringt und durchbricht.

10. Die Uralpforte liegt an der Basis des Phalluszapfens. Der größere, vorerst solide Teil der Uralplatte zieht bis zum Epithelhörnchen des Phalluszipfels.

11. Bei weiblichen Schafen und Schweinen bleibt der Abstand des Phallus- bezw. Klitoriszapfens vom Damme gering, die Uralpforte erweitert sich als längsovaler Spalt, Rima pudendi, dessen Ränder an der langen Öffnung wie kleine Lippen, Labia minora erscheinen.

12. Bei männlichen Schafen und Schweinen aber wird die allezeit kleine Uralpforte samt dem Phalluszapfen durch energisches Wachstum des Dammes weit weg vom After umbilikalwärts verschoben.

13. Zugleich erhebt sich auf dem wachsenden Damme ein niedriger Mediangrat, die Raphe. Sie ist sicher **kein** Verwachsungsproduckt, wie man bisher glaubte.

14. Die Skrotalwülste der Männchen blähen sich mächtig auf und überragen die niedrige Raphe.

Die ausführliche Abhandlung ist im Morph. Jahrbuche, Bd. 32 erschienen.

Basaltmaare im Taunus.

Von W. v. Knebel.

Aus dem mineralogisch-geologischen Institut der Universität Erlangen.

1. Die Taunusgesteine und deren Mächtigkeit.

Der südliche Abhang des Taunusgebirges wird von einem aus serizitischen Gneisen und Schiefern sowie aus Phylliten bestehenden Sattel gebildet, an welchen sich nordwärts die jüngeren dem Unterdevon angehörigen Gesteine des sog. Hochtaunus, der Taunusquarzit und Hunsrückschiefer anschließen.

Die ganzen intensiv gefalteten Schichtenmassen im Taunus, die serizitführenden Gneise und Phyllite gehören dem untersten Unterdevon, dem Komplex der Gédinne-Schichten (Gédinnien) an. Sie streichen von Westsüdwest nach Ostnordost und fallen im allgemeinen nach Süden ein, weil die zu einer Reihe von Sätteln und Mulden zusammengeschobenen Massen nordwärts überfaltet sind. Die einzige größere, deutlich erkennbare Sattelbildung, bei welcher Überfaltung nicht eingetreten ist, bildet die vorerwähnte Antiklinale vom Südrande des Taunus, deren Achse von Auringen über Sonnenberg bei Wiesbaden bis nach Dotzheim hin zu verfolgen ist.

Der nördliche Flügel des Sattels, dessen Schichten durchschnittlich unter 60° (nur sehr geringe Abweichungen hiervon kommen vor) nach Nordnordwest geneigt sind, bildet einen ca. 3—4 km, also im Durchschnitt 3500 m breiten Streifen.

Die Mächtigkeit (m) der gefalteten Schichten ist also eine bedeutende; denn, wie leicht einzusehen, ist

$$m = 3500 \cdot \sin\alpha,$$

wobei $\alpha = 60°$ der Neigungswinkel der Schichten ist. Hieraus folgt, daß die Schichten des Sattels eine Mächtigkeit von ca. 3000 m besitzen.

Diese Größe entspricht aber noch lange nicht der Gesamtmächtigkeit der Taunusgesteine; denn die an der Sattelachse hervortretenden Gesteine bestehen ja nur aus dem Hangenden der Reihe der serizitführenden Gneise. Das Liegende derselben ist noch gar nicht bekannt, folglich läßt sich auch über die Mächtigkeit der gneisartigen Gesteine des Taunus nichts aussagen. Ferner ist in dieser Zahl noch nicht die wenigstens 500 m betragende Mächtigkeit der Taunusquarzite mit einbegriffen, welche die älteren Taunusgesteine, die sog. Serizitgneise und die Phyllite überlagern.

Demnach wird die Gesamtmächtigkeit der Taunusgesteine (bei Ausschluß des Hunsrückschiefers, welcher am Aufbau des eigentlichen Taunus kaum noch Anteil nimmt) auf etwa 4000 m im Minimum zu schätzen sein, eine Schätzung, welche wahrscheinlich noch um ein Beträchtliches hinter der Wirklichkeit zurückbleibt [1]).

Südlich von jener Sattellinie sind die Schichten südwärts geneigt. Sie werden hier lokal noch von permischen Sedimenten diskordant überlagert und verlieren sich dann unter den tertiären Sedimenten des Mainzer Beckens.

2. Die Eruptivgesteine am Südabhang des Taunus.

Die älteren Taunusgesteine sind an mehreren Stellen von jungeruptivem basaltischen Gestein durchbrochen worden. So am Kellerskopf, nordwestlich von Naurod, dann an zwei Stellen im Süden von Naurod, ferner westlich davon an mehreren Stellen bei Sonnenberg und Rambach nordöstlich von Wiesbaden.

Von diesen zumeist unbedeutenden Vorkommen sollen die im Süden von Naurod und eines von Sonnenberg hier näher

---

[1]) E. Kayser gibt die Mächtigkeit der Schichtenmassen des ganzen Unterdevon auf etwa 3000 m an (geolog. Formationskunde II. Aufl., S. 122. 1902), während Gosselet auf Grund seiner Untersuchungen im Maasgebiete diese Schichten auf 7000 m Mächtigkeit schätzt. Meine Studien im Taunus ergeben ebenfalls eine sehr viel größere Mächtigkeit als 3 km; denn bei der von mir bezeichneten Mächtigkeit von 4000 m sind nur die Schichtenmassen des unteren Unterdevon in Betracht gezogen, während die sehr mächtigen Hunsrückschiefer und die Koblenzschichten des oberen Unterdevon nicht mit inbegriffen sind.

betrachtet werden, da diese Basaltvorkommen in verschiedenerlei Hinsicht von besonderem Interesse sind.

Die Basalte von Naurod sind den Limburgiten oder Glasbasalten zuzurechnen; sie sind dadurch ausgezeichnet, daß sie in glasiger Grundmasse Augite und Olivin führen, bei nahezu völliger Abwesenheit feldspatartiger Gemengteile. In einzelnen Nestern finden sich Nephelin, und zuweilen kommen auch als Seltenheit deutliche Leisten von Plagioklas[1]) vor. Magneteisen ist reichlich vorhanden; ebenso treten zahlreiche Nadeln von Apatit und Lamellen eines braunen Glimmers mit nur schwachem Pleochroismus darin auf.

Das Gestein enthält viele Einschlüsse von Nachbargestein; so sind schon seit langer Zeit große und kleine Stücke von Serizitschiefer, Quarz, ferner auch Granit- und Gneisfragmente[2]) bekannt. Vielfach sind die Einschlüsse durch die hohe Temperatur der Eruptivmagmen verändert[3]).

Die Einschlüsse weisen darauf hin, daß unter den Taunusschiefern Gneise anstehen; Glimmerschiefer dagegen scheint in der Tiefe zu fehlen.

Alles bezüglich des Nauroder Gesteines Gesagte gilt in gleichem Maße von den viel unbedeutenderen Rambach-Sonnenberger Vorkommen, welche daher wohl als gleichalterig angesehen werden müssen. Auch dies Gestein ist ein Glasbasalt, welches zahlreiche Einschlüsse von Urgestein und Taunusschiefer birgt.

3. Das geologische Alter der Eruptivgesteine von Naurod und Sonnenberg im Taunus.

Das geologische Alter des Nauroder Gesteines konnte bisher nicht genauer ermittelt werden.

So sagt F. Sandberger[4]), daß eine „direkte Bestimmung des geologischen Alters dieser Basalte sich als untunlich

---

[1]) F. Sandberger, Über den Basalt von Naurod und seine Einschlüsse. Jahrbuch d. K. K. geolog. Reichsanstalt, Wien 1883, 39.

[2]) C. E. Stifft, Geognostische Beschreibung des Herzogtums Nassau, 1831, 374.

[3]) F. Sandberger, l. c.

[4]) l. c., 35.

erwies.“ Er erwähnt nur, auf die Funde F. Henrichs gestützt, daß sie älter sein müssen als diluvial, da sich Basaltbrocken in den diluvialen Mosbacher Sanden zahlreich vorfinden.

In unmittelbare Berührung mit den Taunusgesteinen tritt von der Serie tertiärer Schichten des Mainzer Beckens nur die unterste Stufe, der mitteloligozäne Meeressand. Er findet sich hier aber nicht in seiner typischen, sandigen Ausbildung, wie etwa bei Alzey (Alzeyer Meeressand), sondern besteht aus Geröllen von Taunusgesteinen (Quarzbrocken, Quarziten, Phylliten, Serizitgneisen etc.), welche zum Teil in Gestalt völlig abgerundeter Blöcke auf den durch Abrasion eben gehobelten Schichtenköpfen den alten Taunusformationen aufliegen.

Dies ist wohl am schönsten zwischen den Dörfern Sonnenberg und Rambach an den großen Steinbrüchen zu beiden Seiten des Rambaches zu beobachten, und zwar ganz besonders auf der linken Seite des Baches, woselbst die Strandgerölle in einer mindestens 20 m mächtigen Bildung die aufgerichteten Serizitgneise überlagern.

Die Höhenlage der Strandgerölle ist eine verschiedene. Bei Sonnenberg und Rambach nordöstlich von Wiesbaden ist die Sohle der tertiären Gebilde etwa 268 m hoch gelegen.

Ausdrücklich hebt Sandberger hervor, daß er in den ältesten tertiären Gebilden des Mainzer Beckens, den Strandgeröllen des Alzeyer Meeressandes, niemals Gerölle des Nauroder Basaltgesteines gefunden habe. Hieraus könnte man den Schluß ziehen, daß das Gestein seiner Ansicht nach jünger als mitteloligozän, d. h. jünger als die dem Alzeyer Meeressande äquivalenten Strandgerölle des Mainzer Beckens sei.

Wieder anders C. Koch, der sogar die Frage aufwirft, ob die Basalte von Naurod — deswegen, weil sie von Rosenbusch zu den Pikritporphyren gerechnet worden sind — nicht etwa zu den paläolithischen Eruptivgesteinen gestellt werden müssen [1]).

Lepsius [2]) dagegen glaubt auf Grund des Umstandes, daß

---

[1]) C. Koch, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen; Blatt Platte 32 und 33.

[2]) R. Lepsius, Das Mainzer Becken, 29 und 30.

die Limburgite und Nephelinbasalte des Mainzer Beckens niemals jüngere Gebilde durchbrechen, ja einmal bei Nierstein unter den tertiären Schichten aufgeschlossen wurden, schließen zu müssen, daß sie älter als die oligozänen Ablagerungen seien. Demnach würde auch das Nauroder Gestein voroligozän sein.

Diese Ansicht konnte ich durch meine Beobachtungen mit voller Sicherheit bestätigen. Denn ich habe in dem jetzt aufgelassenen großen Steinbruch auf der rechten Seite des Rambaches bei Sonnenberg (gegenüber den großen Steinbrüchen auf der linken Seite) aufgefunden, daß die den Serizitgneis überlagernden Geröllmassen mitteloligozänen Alters zum Teil recht große **abgerundete Blöcke von Basalt enthalten.** Dieser Basalt ist identisch mit dem, welcher bei Naurod und bei Sonnenberg ansteht. Hierdurch ist meines Erachtens der Beweis geliefert, daß **dieser Basalt tatsächlich älter ist als die tertiären Sedimente des Mainzer Beckens.**

An der angegebenen Lokalität ist folgendes Profil zu erkennen:

1. Löß und Schotter . . . . . 2—5 m
2. „Strandgerölle“ (mitteloligozän) mit Basalteinschlüssen . . . . . 1 m
3. Serizitgneis . . . . . 20 m

Die „Strandgerölle“ überlagern die horizontale Abrasionsfläche des Serizitgneises. Sie liegen ungefähr in derselben Höhe wie in dem gegenüberliegenden großen Rambach-Sonnenberger Steinbruche.

Bezüglich der Identität der Basaltgerölle mit dem anstehenden Basaltgestein kann nicht der geringste Zweifel bestehen.

Er gleicht auf das Haar der oben gegebenen petrographischen Beschreibung des Nauroder Basaltes (pag. 215). Nur ist von Interesse, daß ich in dem Gerölle einzelne Leisten von Feldspat aufgefunden habe, die nach Zirkel und Sommerlad in dem Basaltgestein von Naurod nicht vorkommen, nach Sandberger aber, wenn auch selten, doch zuweilen auftreten.

Der Dünnschliff ließ in einer stark zurücktretenden glasigen Grundmasse eine Menge von Augiten, teilweise mit grünem

Kerne erkennen, zwischen welchen mit Eisenoxyd überzogener Olivin, Magneteisen, Apatit und brauner Glimmer auftritt. Einzelne Plagioklasleisten, zu einem Nest vereinigt, konnte ich dazwischen beobachten.

Da nun der in dem tertiären Konglomerat als Gerölle vorkommende Basalt mit dem anstehenden Gestein von Naurod und Sonnenberg übereinstimmt, ergibt sich, daß die Basalte von Naurod und Sonnenberg vormitteloligozänen Alters sein müssen.

Aus der geringen Menge von Basalt, die sich in den mitteloligozänen Bildungen vorfindet, läßt sich folgern, daß die Eruptivmassen schon damals ziemlich stark abgetragen waren. Denn wenn mehr von ihnen an der Oberfläche gelegen wäre, so müßten die Basalte zweifelsohne häufiger als Geröllbildner in den Strandgeröllen auftreten. Der Basalt wird also schon damals, ebenso wie heute, bis auf die den Eruptionsschlot selbst erfüllende, gangförmig gelagerte Masse abgetragen gewesen sein.

Der von C. Koch ausgesprochenen Vermutung, daß dieser Basalt möglicherweise ein paläolithisches Eruptivgestein sei, vermag ich aber auch nicht beizustimmen.

Denn der Basalt durchbricht als vertikaler Gang die steil aufgerichteten Schichten der serizitführenden Taunusgesteine in einem spitzen Winkel. Zweifellos ist er also jünger als die zu karboner Zeit aufgerichteten Faltenzüge des Taunusgebirges.

Nun haben in postpaläozoischer Zeit in diesem Gebiete nochmals gebirgsbildende Kräfte gewirkt, welche sich beispielsweise durch die Aufrichtung der den älteren Taunusgesteinen diskordant aufgelagerten, nicht weit hiervon anstehenden permischen Schichten kundgeben.

Auch von diesen posthumen Faltungsprozessen im Taunusgebirge sind die Basalte noch nicht betroffen worden, sonst würden sich zweifellos deren Spuren petrographisch leicht durch die in gepreßten Massengesteinen stets auftretende Mosaikstruktur nachweisen lassen. Andrerseits könnte auch die Lagerung des Eruptivganges kaum eine vertikale geblieben sein, wenn er in dem sich von neuem faltenden Gestein bereits vorhanden gewesen wäre.

Wir kommen mithin zu dem Ergebnisse, daß die Basalte von Naurod und Sonnenberg jünger sind als die jüngsten wohl in die älteste Tertiärzeit zu verlegenden gebirgsbildenden Kräfte, dagegen aber älter als die ältesten Tertiärgebilde des Mainzer Beckens; zu eozäner Zeit dürften daher wahrscheinlich die Basalte extrusiv geworden sein.

4. Die Deutung der Basalte von Naurod als ehemaliger Maare.

Die Basalte von Naurod sind durch Steinbruchbetrieb bis auf große Tiefe abgebaut, so daß man die Form des Hervorbrechens, d. i. die Gestalt des Eruptionsschlotes selbst und die Lagerung der umgebenden Gesteine namentlich in dem südlichen Bruche gut erkennen kann.

Das Nebengestein besteht aus den unter 60° nach Nordnordwest geneigten Adinolschiefern [1]), welche stellenweise eine prächtige Fältelung erkennen lassen. Nirgends ist eine Schichtenstörung zu beobachten, welche dem Vulkanismus das Hervorbrechen gestattet hätte. Die Basalte von Naurod haben sich, wie wir später sehen werden, unabhängig von Spalten den Austritt durch die feste Erdkruste verschafft.

Die Gestalt der Eruptionsröhre ist eine rundlichovale; wir haben nicht etwa die gangförmige Ausfüllung einer Bruchspalte vor uns, wie C. Koch [2]) annimmt, sondern einen echten zylindrisch gestalteten Ausbruchskanal, wie solche zu vielen Hunderten in der Rhön und aus der schwäbischen Alb bekannt sind.

Das den Eruptionsschlot erfüllende Gestein besteht nun keineswegs, wie bisher angenommen wurde, aus Basalt und dessen Einschlüssen, sondern zum Teil auch aus einer tuffartigen Masse, welche nament-

---

[1]) Adinolschiefer wurden von C. Lossen diejenigen Serizitschiefer benannt, bei welchen die Quarzlagen reichlich Albit aufgenommen haben. Als „Adinol" bezeichnete Beudant ein dichtes Gemenge von Quarz und Albit.

[2]) Auf die Deutung der Basalte als Gangausfüllungen werden wir späterhin noch zurückkommen.

lich an der Nordwestwandung auftritt und, gleich dem Basalt gangförmig gelagert, diesen vom Nachbargestein trennt.

Diese Tuffmasse ist aus eckigen, zum Teil auch abgerundeten, stets durch Basaltgrus verkitteten Auswürflingen basaltischen Gesteines zusammengesetzt, zwischen welchen zahlreiche Einschlüsse von Nachbargestein vorkommen. Diese Einschlüsse sind aus der Tiefe bei der Eruption emporgerissen und durch Reibung aneinander abgerundet. Dieses gleiche Phänomen werden wir später in dem nördlichen Bruch beobachten, und zwar in einem weit großartigeren Maßstabe, so daß man hier von einem echten „Reibungskonglomerat“ [1]), einem Agglomerate [2]), wie es Leopold v. Buch nennt, reden kann.

Die als vulkanischer Tuff anzusprechenden Ausfüllungsmassen des Eruptionsschlotes sind durchweg ungeschichtet, sie schneiden in einer vertikalen, ungefähr zylindrisch gestalteten Grenzfläche gegen das Nachbargestein ab.

Im Querschnitte betrachtet ist der Eruptionsschlot von basaltischem Gestein erfüllt, welches auf der Nordwestseite von einer Tuffmasse sichelförmig umgeben ist. Auf der gegenüberliegenden Seite tritt der Basalt in unmittelbaren Kontakt mit den Taunusschiefern.

Der Basalttuff, welcher die nordwestliche Wandung des Schlotes gleichsam auskleidet, ist das älteste vulkanische Gebilde. Dies zeigen einmal die zahlreichen größeren und kleineren Gänge von Basalt, welche den Tuff durchsetzen (vgl. Fig. rechte Seite), sodann die Beobachtungen an der Südseite des Schlotes; hier ist, wie die linke Hälfte nebenstehender Figur zeigt, der Basalt nur in den tieferen Teilen in Kontakt mit den Taunusschiefern, während er weiter oben durch vulkanischen Tuff von diesen getrennt ist. Der Tuff schmiegt sich der Wandung des nach oben sich erweiternden Eruptionsschlotes an, während der Basalt senkrecht in die Höhe gestiegen ist. Gleiches hat H. Bücking bezüglich der Tuffmassen in der Rhön beobachtet: „In der Regel

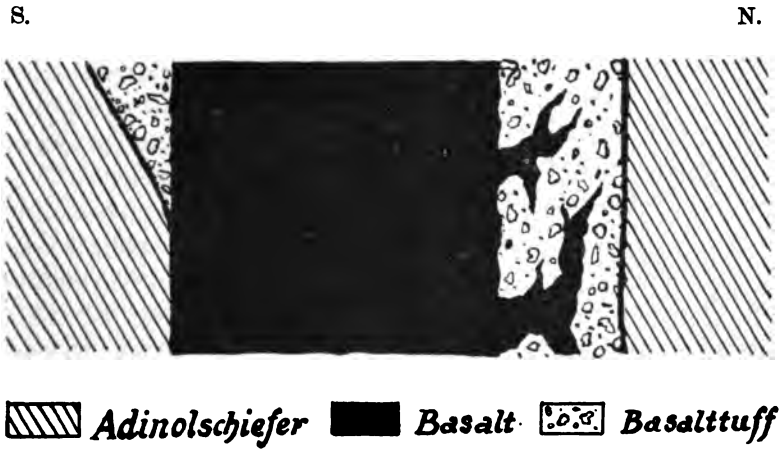
---

[1]) Vgl. K. C. v. Leonhard, Basaltgebilde I, 311—331. 1832.

[2]) L. v. Buch, in v. Leonhards Taschenbuch für die gesamte Mineralogie. XVIII. 1824, 311.

fand ich sie da mächtiger entwickelt, wo die Eruptivmassen nach oben, näher an der ursprünglichen Ausflußstelle der Lava, sich verbreitern und in Decken und Ströme übergehen“ [1]). Der Umstand, daß das in Eruptionsschloten hervorgequollene Magma von einem Mantel vulkanischen Tuffes umgeben ist, wurde schon vielerorts beobachtet. So namentlich bei Urach in Schwaben [2]), in der Rhön [3]), aus dem Odenwald [4]), der Freiburger Gegend [5]) und zahlreichen anderen Orten.

Man erklärt dies durch die Annahme, daß der Vulkanismus mit Explosionen eingesetzt habe, welche den „Schußkanal“



Profil durch den südlichen Eruptionsschlot von Naurod i. T.

schufen. Die ausgeworfenen Massen fielen teilweise in den alten Schlot zurück und verblieben dort in Gestalt eines sog. „Maartuffganges“.

---

[1]) H. Bücking, l. c., 277.

[2]) W. Branco, Schwabens 125 Vulkanembryonen. 1895.

[3]) H. Bücking, Über die vulkanischen Durchbrüche in der Rhön und am Rande des Vogelsberges. (Gerlands Beiträge zur Geophysik. 1903.)

[4]) Geologische Spezialkarte des Großherzogtums Hessen 1:25000. 1886—1901.

[5]) Steinmann und Graeff, Geolog. Führer durch die Umgebung von Freiburg. 1890.

Solche Maartuffgänge kommen zu mehreren Hunderten in der Uracher Alb und in der Rhön vor.

Vielfach waren hiermit die vulkanischen Kräfte erschöpft; in anderen Fällen aber setzten diese von neuem ein. Das Magma drang empor und preßte sich zwischen die Tuffmassen des Maartuffganges, in welchen es zunächst, schmale Gänge bildend, eindrang. Solches beobachtet man ganz besonders deutlich an der Westseite des Jusiberges bei Metzingen in der Uracher Gegend der schwäbischen Alb und an dem bekannten Randecker Maar. In anderen Fällen drang das Magma in bedeutenderen Mengen empor; es verdrängte große Teile der Tuffausfüllung der Eruptionsröhre. Solche Gebilde hat uns H. Bücking an zahlreichen Stellen der Rhön kennen gelehrt. Das gleiche konnte ich von den Basalten von Oberleinleiter in der fränkischen Schweiz darlegen [1]).

Alle diese Vorkommen kann man meines Erachtens ebenso wie die Maartuffgänge von Urach als Embryonen von Vulkanen betrachten; denn die vulkanischen Kräfte sind auch hier in einem frühen Stadium erschöpft. Nicht haben ständig emporddringende Massen — wie es bei „ausgewachsenen" Vulkanen der Fall ist — es vermocht, den ursprünglich in der Röhre vorhandenen vulkanischen Tuff auszuputzen, sondern der Tuff blieb vielmehr in der vulkanischen Esse in Gestalt eines Tuffmantels zurück, welcher die später emporgedrungene Magmasäule einhüllt.

Dieser zweite Akt des Vulkanismus, der Aufstieg von Schmelzfluß, ist, wie es scheint, hier bei Naurod ebenfalls durch eine Explosion gleichsam vorbereitet worden. Hierfür spricht 1. die zylindrische Gestalt der Basaltsäule, 2. die scharfe Begrenzung des Basaltes, gegenüber dem Tuff, welche namentlich auf der Südseite deutlich beobachtet werden kann. (Vgl. Fig. linke Hälfte.)

Wie ist nun die hier auftretende Erscheinungsform des Vulkanismus in der großen Reihe vulkanischer Phänomene zu gruppieren?

---

[1]) v. Knebel, Vergleichende Studien über die vulkanischen Phänomene im Tafeljura. Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen. 1903.

Man unterscheidet nach W. Branco folgende Formen von embryonalem Vulkanismus:

1. Vergriesungsgebiete: Primitivste Form; die Gesteinsmassen sind nur verruschelt und durch die Explosionen zerschmettert (vergriest), während es zum Ausblasen einer Eruptionsröhre nicht gekommen ist (so am vulkanischen Ries).

2. Gasmaare: Dies sind die Produkte reiner Gasexplosionen, bei welchen es zum Auswurf vulkanischen Materiales aus größerer Tiefe nicht kann. Zerstiebtes Gestein der festen Erdkruste erfüllt die Eruptionsröhre, den Schußkanal, als sog. „Schlotbreccie".

3. Tuffmaare: Diese unterscheiden sich von den vorigen durch Vorhandensein vulkanischer Asche in dem Eruptionsschlot.

4. Tuffmaare mit Basaltfüllung: Bei diesen kommt im Eruptionsschlot neben der Ausfüllung eines Tuffmaares noch zusammenhängender Schmelzfluß vor.

Bei den zuletzt genannten haben sich in dem Schußkanal zuweilen noch größere Reste der ursprünglichen Tuffausfüllung erhalten.

Sind auch diese in der Röhre zurückgebliebenen Tuffüberreste verschwunden, so kann man nicht mehr von embryonalen Vulkanen reden, sondern von „ausgewachsenen"; denn der Vulkanismus hat in diesem Falle die Eruptionsröhre durch Entfernung der Schlotbreccie entweder wieder auf das ursprüngliche Maß gebracht oder sie sogar noch über dieses hinaus erweitert.

Allen diesen verschiedenen Formen des embryonalen Vulkanismus scheint das eine gemeinsam zu sein: es lassen sich in ihnen die Spuren explosiver Tätigkeit nachweisen, mit welchen die vulkanischen Kräfte einsetzten.

Bei „ausgewachsenen" Vulkanen kann man dies nicht. Wir können nur vermuten, daß der Vulkanismus auch da zuerst einen Explosionstrichter, ein Maar, schuf; ja man könnte vielleicht annehmen, daß unter jedem Vulkan ein Maar begraben liege. Dies ist aber, wie Branco nachgewiesen hat, keineswegs stets der Fall. Denn in vielen Fällen setzt der Vulkanismus nicht mit Explosionen ein, sondern unmittelbar mit dem Hervorbrechen von Magma. Diese beiden Formen stehen

einander scharf gegenüber. Ein Maar ist eben der Embryo eines mit einer Explosion beginnenden Vulkanes, aber nicht jeder Vulkan war in embryonalem Zustand ein Maar.

Wie aus den Betrachtungen hervorgeht, müssen wir das beschriebene Basaltvorkommen von Naurod als einen **embryonalen Vulkan betrachten, der in die Gruppe der Tuffmaare mit Basaltfüllung** zu stellen ist.

Das oben erwähnte zweite Basaltvorkommen ist mehrere 100 m nördlich von dem soeben beschriebenen gelegen. Es ist in einer 24 m tiefen Grube erschlossen. In der Topographie des Geländes hebt sich dieser Basalt ebensowenig wie der zuerst beschriebene irgendwie ab.

An beiden Stellen ist das petrographisch gleiche Eruptivgestein hervorgequollen.

Das nördliche Basaltvorkommen bietet aber insofern ein Interesse, als sich in diesem ein Gebilde vorfindet, welches nur selten wohl in gleicher Klarheit zu beobachten ist: das Reibungskonglomerat.

Die Begrenzung des Basaltes ist nur an einigen Stellen und nicht rundum zu erkennen. Auf der Ostseite befindet sich inmitten des Basaltes ein gewaltig großer Block gefritteten Serizitgneises, welcher — ein Zeichen, daß die Wandung des Schlotes nicht weit ist — von einem echten Reibungskonglomerate umgeben ist. Der große, von basaltischem Gesteine umschlossene Block besitzt einen Durchmesser von mehreren Metern. An ihn schmiegen sich die Agglomerate an, die aus zum Teil gefritteten großen und kleinen Blöcken bestehen, welche oftmals eine derartig ausgesprochene Abrundung erkennen lassen, daß man vermeinen möchte, sie seien im Wasser abgerollt. Daß dem aber nicht so ist, das beweisen kleine Ecken, welche hie und da unvermittelt hervorspringen und sich niemals bei im Wasser abgerollten Blöcken vorfinden würden.

Mitunter kommen auch Gerölle vor, bei welchen sich eine blätterige Abschuppung der äußeren Kruste konstatieren läßt. Entweder ist dies eine Wirkung der Stöße, denen die Blöcke ausgesetzt waren, und denen sie ihre Abrundung verdanken, oder eine Wirkung der Hitze, welche von dem Basalte ausging. Trifft letztere Vermutung das Richtige, so hätten wir hier eine weitere Kontakterscheinung.

5. Die Kontakterscheinungen der Basalte; der Nauroditschiefer.

Die Basalte durchbrechen die dynamometamorphen Serizitgesteine des Taunusgebirges. Daher kommt es, daß man eine sekundäre Metamorphose infolge des Kontaktes mit Basalt in den umgebenden Schichten nur schwer erkennen kann. Kontaktmetamorphe Umwandlungen sind wohl infolgedessen bisher nur bezüglich der Einschlüsse von Sedimentgestein, die sich im Basalte vorfinden, beobachtet worden. F. Sandberger hat sie eingehend beschrieben [1]).

Kontaktliche Veränderungen im Nachbargestein des Basaltes sind bisher noch nicht nachgewiesen worden. Das Basaltgestein des südlichen Bruches von Naurod durchsetzt den sog. Adinolschiefer, einen Serizitschiefer, welcher abwechselnd aus Lagen serizitischen Gesteines und Albit führenden Quarzites besteht.

Neben dem Adinolschiefer steht auf der nordwestlichen Seite ein grünliches Schiefergestein an, welches dem äußeren Habitus nach zu den Hornblendeserizitschiefern C. Kochs zu rechnen wäre.

Im Dünnschliff aber gibt es sich als ein typisches Kontaktgestein zu erkennen, welches sich wesentlich von den Serizitschiefern der Nachbarschaft unterscheidet. Es kommt in diesem Schiefer ein blaugrünes pleochroitisches Mineral vor, welches in Gestalt schmaler Leisten ohne terminale Flächen im Gestein zahlreich eingesprengt ist.

Durch die Schiefe der Auslöschung unterscheidet es sich von Turmalin, welchem es in der Form des Auftretens recht ähnelt. Die Leisten liegen alle parallel der Schichtfläche, so daß erst ein Schliff senkrecht zur Schichtung den Querschnitt der Leisten erkennen ließ. Es ist ein Prisma, dessen Winkel etwa 125° beträgt. Eine Spaltbarkeit ließ sich allerdings nicht erkennen, jedoch steht es außer Zweifel, daß wir es mit einem blauen Minerale der Hornblendegruppe zu tun haben.

Wie wir sehen werden, ist dieses Mineral jedoch mit keinem der bisher bekannten Vertreter dieser Gruppe zu identifizieren.

[1]) F. Sandberger, l. c.

Es besitzt einen starken Pleochroismus, und zwar a hellblau-grün, b tiefmeergrün, c farblos-gelblichgrün. Es ist $b = b$; $c : c = 16^1/_2{}^0$.

Aus diesen Angaben ist ersichtlich, daß dieses Amphibolmineral kein Glaukophan sein kann, welcher ebenfalls in metamorphen Schiefern vorkommt. Denn es unterscheidet sich von diesem durch die höhere Auslöschungsschiefe, welche bei Glaukophan nur 4—6° erreicht.

Auch mit den übrigen in Betracht kommenden Mineralen der Hornblendegruppe, mit Crossit, Riebeckit und Arfvedsonit, zeigt es beträchtliche Differenzen.

Denn von dem seltenen, ebenfalls in Kontaktgesteinen vorkommenden Crossit[1]) unterscheidet es sich durch abweichenden Pleochroismus und größere Auslöschungsschiefe, welche bei Crossit nur 13° beträgt.

Arfvedsonit und Riebeckit lassen — abgesehen von dem Umstand, daß sie bisher nur aus kieselsäurearmen Eruptivgesteinen bekannt sind — auch anderweitige Verschiedenheiten erkennen. Beide weichen im Pleochroismus ab; auch die Auslöschungsschiefe ist geringer als bei unserem Mineral. Sowohl hinsichtlich der Schiefe der Auslöschung als auch der Pleochroismus steht der Arfvedsonit unserem Kontaktminerale am nächsten. Nun beschränkt sich aber gerade der Arfvedsonit, wie bekannt, doch nur auf kieselsäurearme Tiefengesteine, während er in Erguß- und Kontaktgesteinen nie vorkommt.

Daher glaube ich berechtigt zu sein, dies Mineral, solange es nicht gelingen sollte, es mit einem anderen bekannten zu identifizieren, als ein **neues Kontaktmineral aus der Hornblendegruppe** ansprechen zu dürfen; ich benenne das Mineral nach seinem Herkunftsort **Naurodit** und bezeichne das erwähnte Kontaktgestein als **Nauroditschiefer.**

Die Basaltmassen besaßen also eine beträchtliche Temperatur, als sie aufgestiegen sind. Sie haben infolgedessen das Nachbargestein metamorphosiert. Als merkwürdigstes Produkt der Kontaktmetamorphose lernten wir den Nauroditschiefer kennen.

[1]) C. Palache: On a Rock from the Vicinity of Berkeley containing a new Soda Amphibole (Crossit). (Bull. Dep. Geol. Univ. Cal. 1894. 1. 181—192.)

Aus dem Grade der Umwandlung, welche die Einschlußgesteine des Basaltes erfahren haben, folgert F. Sandberger, daß die Basaltmasse, als sie extrusiv ward, zwar recht beträchtliche Temperatur besaß, daß jedoch die Rotglühhitze nicht erreicht wurde. „Keine an Nauroder Einschlüssen beobachtete Erscheinung deutet darauf hin, daß so hohe Temperaturen (wie Rotglühhitze oder gar Weißglühhitze), wenn auch nur lokal bei der Eruption dieses Basaltes aufgetreten sind“ [1]).

In einer späteren Mitteilung [2]) berichtet Sandberger, daß sich unter den Einschlüssen auch solche finden, die aus einem dichten Gemenge von Flußspat und Quarz bestehen. Aus diesem Umstand folgert Sandberger, daß der Basalt „mit der niedersten zu seiner Eruption erforderlichen Temperatur aufgestiegen sein muß, denn sonst wären Flußspat und Quarz gewiß zusammen geschmolzen worden“.

Falls diese Einschlüsse sich wirklich im basaltischen Magma befunden hätten, so müßte seine Temperatur allerdings eine sehr viel niedrigere gewesen sein, als man dies normalerweise erwarten könnte.

Da jedoch das bisher als Basalt angesprochene Gestein zum Teil kein erstarrtes Magma, sondern ein Tuff ist, so wäre es doch möglich, ja sogar wahrscheinlicher, daß der erwähnte Einschluß aus dem Basalttuff, nicht aber aus der Basaltlava stammt. Denn in dem Tuff herrschte niemals eine so hohe Temperatur, daß Einschmelzung des Quarzes im Flußspat hätte stattfinden können.

Dies steht in Einklang mit dem Ergebnis der Studien über die Veränderungen, welche vulkanische Gebilde dieser Art an anderen Orten erzeugt haben. So erwähnt Branco, daß die Farbe der schwarz-, bezw. rotgebrannten Jurakalke am Rande der Maartuffgänge von Urach auf eine Temperatur von nur 300—600° hinweist [3]).

---

[1]) F. Sandberger, l. c., 60.

[2]) F. Sandberger: Neue Einschlüsse im Basalt von Naurod bei Wiesbaden. Verhandl. d. K. K. geol. Reichsanstalt, 1884, S. 17—18.

[3]) W. Branco, Schwabens 125 Vulkanembryonen, 541. Bei Erhitzung auf 300° waren die Veränderungen kaum merklich, während bei 600° bereits nach einhalbstündiger Erhitzung die Färbung auftrat. Da die Erhitzung des Nachbargesteines lange Zeit hindurch anhielt, so ist

Ferner ist bei Oberleinleiter[1]) an dem völlig gleichartigen Tuffmaar mit Basaltfüllung zu beobachten, daß auch hier die in dem Nachbargestein vollzogene Veränderung eine sehr unbedeutende ist. Jedenfalls scheint die Wärme, welche hier durch den Kontakt mit dem Schmelzfluß in dem Nachbargestein erzeugt wurde, nicht die Rotglühhitze erreicht zu haben, sonst wären die Kalke nicht gefärbt, sondern kristallinisch geworden.

6. Die Unabhängigkeit der Maarkanäle von Dislokationen.

Die Basaltvorkommen von Sonnenberg, Rambach und Naurod liegen scheinbar in einer Zone, welche nach C. Koch dem Streichen der Taunusgesteine entspricht. Aus diesem Umstand glaubte Koch folgern zu dürfen, daß diese Basalte gleichsam gangartig eine Bruchspalte des Gebirges erfüllen. Daß dieser angenommene Gang jedoch unterbrochen war, ist C. Koch keineswegs fremd geblieben: die Basalte „bilden einen unterbrochenen Zug, welcher im Streichen des Serizitgneises, in welchem sie brechen, liegt[2]).

Bezüglich der Eruptionsschlote von Naurod spricht Koch sogar die Vermutung aus, daß in ihnen „Teile eines durch einen Verwurf zerrissenen ehemaligen Ganzen — also eines Ganges — vorliegen".

Die Möglichkeit, daß hier getrennte Eruptionsschlote vorhanden sind, welche unabhängig voneinander und von den durch die gebirgsbildenden Kräfte hervorgebrachten (nicht einmal nachgewiesenen) Dislokationen von den vulkanischen Kräften gebildet sein können, ist gar nicht erwogen worden. Ja man ist sogar zu der Ansicht gelangt, daß die in der Streichrichtung liegende Spalte noch durch einen Querverwurf zerrissen sei, weil sonst das Abweichen der Verbindungslinie beider Basalteruptionspunkte von Naurod von der angenommenen Hauptspalte nicht hätte erklärt werden können.

Nun ist diese Abweichung von der angenommenen Bruch-

wohl kaum eine Temperatur von 600° nötig gewesen. Wahrscheinlich war die Temperatur eine viel geringere. Die „Schwarzbrennung" wird auf organische Reste zurückgeführt, welche in dem Gestein noch erhalten sind.

[1]) W. v. Knebel, Vergleichende Studien über die vulkanischen Phänomene im Tafeljura. Sitzungsberichte d. physikalisch-medizinischen Societät Erlangen, 1903.

linie keineswegs die einzige. Diese Linie verläuft angeblich von Naurod in ungefähr südwestlicher Richtung über Rambach-Sonnenberg zum Tennelbachtal und nach Wiesbaden hin. Auf dieser gedachten Linie liegen jedoch keineswegs die Eruptionspunkte. Schon die beiden Maarkanäle von Naurod liegen in einer nordsüdlichen Linie (also ca. 45° abweichend von der vorausgesetzten Spalte). Nun könnte ja allerdings die Spalte durch einen Querverwurf zerrissen sein, wie Koch vermutete. Aber dann wäre ein drittes Basaltvorkommen von Kellerskopf bei Naurod, welches ca. 2 km nordwestlich von dem nördlichen der beiden Eruptionspunkte liegt, nicht zu erklären. Dieses dritte Vorkommen müßte unabhängig von dieser Vulkanspalte liegen.

Ein vierter Eruptionspunkt ist in der Nähe des im Norden von Rambach gelegenen Kirchhofes. Dieser liegt ca. 1 km von der angenommenen Vulkanspalte entfernt.

Die unbedeutenden Basaltvorkommen von Sonnenberg könnten möglicherweise auf einer solchen Spalte liegen. Sie sind aber nur zum Teil noch aufzufinden. Auch liegen sie durchaus nicht auf einer ungefähr geraden Linie, so daß man auf eine Bruchspalte schließen müßte, vielmehr weichen auch diese von der gedachten Spalte ab, nur in unbedeutenderem Maße als die erstgenannten.

Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß die Lage der einzelnen Eruptionspunkte durchaus nicht auf eine Bruchlinie hinweist, auf welcher der Vulkanismus extrusiv ward.

Aber selbst, wenn man diese Bruchspalte annehmen wollte, so müßte man hervorheben, daß sie keineswegs in Streichen der Taunusgesteine liegt, sondern vielmehr durchaus davon abweicht.

Die Taunusschichten streichen von Ostnordost nach Westsüdwest; die konstruierte Basaltspalte nordöstlich bis südwestlich. Die tektonischen Linien des Taunusgebirges streichen alle entweder parallel der Hauptrichtung des Gebirges ostnordöstlich bis westsüdwestlich, oder aber senkrecht hierzu, also nordnordwestlich bis südsüdöstlich. Letzterer Richtung folgen beispielsweise die Quarzgänge, welche oft auf eine Erstreckung von mehreren Kilometern den Taunus durchqueren.

Nun werden wir in der nordöstlich bis südwestlich

streichenden „Vulkanspalte“ eine völlig neue Spaltenrichtig kennen lernen, welche von den übrigen beträchtlich abweicht.

Da nun diese Spalte nie beobachtet wurde und auch, wie wir sahen, die Lage der Eruptionspunkte durchaus nicht auf eine solche hinweist, glaube ich folgern zu müssen, daß diese Spalte nicht existiert: **Wir haben somit in den Maarkanälen von Naurod vulkanische Eruptionspunkte, an welchen der Vulkanismus unabhängig von** präexistierenden Spalten extrusiv geworden ist.

Zusammenfassung der Gesamtergebnisse.

Die Ergebnisse, zu welchen ich beim Studium der Basalteruptionen von Naurod gekommen bin, fasse ich, wie folgt, zusammen:

1. Die Basalte von Naurod durchbrechen die nach Nordnordwest einfallenden, steil aufgerichteten Schichten der metamorphen Taunusgesteine. **Die Mächtigkeit der Taunusgesteine beträgt** (mit Ausschluß des Hunsrückschiefers) **mindestens 4000 m.**

2. Das **Alter der Basalte** ist, wie folgt, festgestellt: Sie sind älter als die ältesten (mitteloligozänen) Gebilde des Mainzer Beckens — denn diese enthalten Basalteinschlüsse; sie sind aber jünger als die jüngsten Faltungsvorgänge, von welchen das Taunusgebirge betroffen wurde. **Die Basalteruptionen dürften in eozäner Zeit erfolgt sein.**

3. Die Basalte sind nicht als gangförmige Ausfüllungen von Spalten aufzufassen, sondern als embryonale Vulkane: **Tuffmaare mit Basaltfüllung.** Die rundlich-ovalen Schlote sind **Maarkanäle.**

4. Die Basalte haben das Gestein, welches sie durchbrechen, teilweise verändert. Als merkwürdigstes Produkt der Kontaktmetamorphose lernten wir den **Nauroditschiefer** kennen, in welchem **ein neues Mineral der Hornblendegruppe** vorkommt, dem ich den Namen **Naurodit** beigelegt habe.

5. Die Basalte von Naurod sind **unabhängig von tektonisch vorgezeichneten Linien** im Taunusgebirge hervorgebrochen.

Klinische, physiologische und pathologisch-anatomische Untersuchungen an einem Fall von hochgradigem Ascites bei Pfortaderthrombose.

Von Oskar Schulz und Ludw. Rob. Müller.

Aus der medizinischen Klinik und dem physiologischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 16. Februar 1903.

Auf der medizinischen Klinik in Erlangen wurde vom Sommer 1901 bis zum Frühjahr 1902 eine Frau behandelt, bei der wegen eines hochgradigen Ascites sehr häufig Punktionen (in der Regel alle 10—14 Tage) vorgenommen werden mußten. Obgleich die Menge der entleerten Flüssigkeit jedesmal recht beträchtlich war (meist 20—25 Liter), und obgleich somit bei dem hohen Eiweißgehalt des Transsudats durch jede Punktion dem Körper sehr viel Nährmaterial entzogen wurde, so blieb die Kranke doch viele Monate hindurch im gleichen Ernährungs- und Kräftezustand. Diese Tatsache veranlaßte uns, die hier vorliegenden Verhältnisse in klinischer und physiologischer Beziehung näher zu untersuchen.

Aus eingehender, monatelang fortgesetzter Beobachtung der Kranken wußten wir, daß der Transsudationsstrom, der immer wieder zur Anhäufung sehr großer Flüssigkeitsmengen in der Bauchhöhle führte, beständig in fast gleicher Stärke floss. Täglich speicherte die Bauchhöhle rund 1500 ccm Transsudat auf. Dabei bereitete die Ernährung der Patientin bei verschiedenen Kostformen keine nennenswerten Schwierigkeiten; sekundäre krankhafte Störungen, die eine spezielle Therapie erfordert und die Durchführung von Stoffwechselversuchen unmöglich gemacht hätten, bestanden nicht. Diese Umstände waren es, die uns

bestimmten, den Gang des Stoffwechsels in seiner Abhängigkeit von der Art der Ernährung genauer zu verfolgen. Wir hofften dabei zweierlei zu erreichen. Einmal kam es uns darauf an, die Eiweißverluste, die jede Punktion für unsere Kranke mit sich brachte, zu verrringern, d. h. eine Kost ausfindig zu machen, bei der möglichst wenig Eiweiß als verlorenes, vom Organismus nicht verwertetes Material in der Bauchhöhle sich anhäufte. Sodann aber — wenn überhaupt durch passende Diät ein therapeutischer Erfolg zu erzielen war — wünschten wir vor allem den Transsudationsstrom abzuschwächen und damit die Punktionen seltener zu machen.

Darauthin haben wir in vier längeren Versuchsperioden und bei vier verschiedenen Kostformen die täglichen Stoffumsetzungen im Organismus unserer Patientin quantitativ-analytisch ermittelt. Die vier Perioden dauerten, der Reihe nach, 22, 9, 13 und 15 Tage. Die entsprechenden Kostformen waren

1. reine Milchkost mit einem N-Gehalt *pro die* von rund 16 g,
2. gemischte eiweißarme Kost mit einem N-Gehalt von rund 6 g,
3. gemischte eiweißarme Kost mit einem N-Gehalt von rund 4 g,
4. gemischte eiweißreiche Kost mit einem N-Gehalt von rund 14 g.

Indem wir bezüglich des Verlaufs der einzelnen Stoffwechselversuche sowie bezüglich aller analytischen Details und der bei der Untersuchung der Ascitesflüssigkeiten erhobenen Befunde auf unsere ausführliche Publikation verweisen, wollen wir hier nur den Erfolg der verschiedenen Ernährungsarten in kurzen Sätzen hervorheben. Reine Milchkost schwächt den Transsudationsstrom erheblich ab, führt aber zu einem hohen Stickstoffgehalt der Ascitesflüssigkeit. Eiweißarme Kost läßt den Transsudationsstrom beträchtlich anschwellen und verringert andererseits den Prozentgehalt des Transsudats an Stickstoff. Gemischte eiweißreiche Kost wirkt in gleichem Sinn wie Milchkost, nur kommt diese Wirkung nicht in gleichem Grade zur Geltung. Die absolute Menge des täglich in die Bauchhöhle ausgeschiedenen Stickstoffs wird durch eine reichliche Eiweißzufuhr nicht erhöht, und ebensowenig werden die durch den Ascites bedingten Stickstoffverluste durch eine eiweißarme Kost herabgesetzt. Für die diätetische Therapie hat sich in unserem Fall

ganz entschieden die Milchkost als die geeignetste erwiesen. Sie allein ermöglichte es, das Intervall zwischen zwei aufeinander folgenden Punktionen bis auf 22 Tage auszudehnen, während sonst durchschnittlich alle 15 Tage die Entleerung der Bauchhöhle vorgenommen werden mußte.

Welcher Art die pathologisch-anatomischen Veränderungen waren, die den Ascites bei unserer Kranken bedingten, ließ sich durch die klinische Untersuchung nicht mit Sicherheit feststellen. Die Diagnose schwankte zwischen primärer (Laënnecscher) Lebercirrhose und perikarditischer Pseudolebercirrhose (Pick); an Pfortaderthrombose war nur vorübergehend gedacht worden. Erst der Sektionsbefund brachte die erforderliche Aufklärung. — Nach Abschluß der systematischen Stoffwechseluntersuchung erhielt die Patientin wiederum gewöhnliche Krankenkost; ihr Befinden blieb sich dabei im wesentlichen immer gleich. Sie wurde noch dreimal punktiert. Bald nach der dritten Punktion bekam sie, ohne daß bedrohliche Anzeichen vorangegangen wären, einen Kollaps, dem sie nach wenigen Stunden erlag.

Die Sektion ergab den überraschenden Befund einer fast völligen Thrombose des Pfortaderstammes. Ein fester organisierter Thrombus verschloß das Gefäß in einer Länge von 4 cm zwischen seiner Teilungsstelle an der Leber und der Einmündung der Vena lienalis. Über die Teilung der Pfortader hinaus setzte sich der Thrombus in den zum rechten Leberlappen ziehenden Ast fort und füllte diesen noch vollständig aus. Die Leber war in ihrem ganzen Umfange verkleinert; besonders auffallend war der Schwund des rechten Lappens. Eine Erkrankung des Lebergewebes selbst konnte aber nicht konstatiert werden, auch durch die mikroskopische Untersuchung nicht. — Anastomosen zwischen dem Gebiet der Pfortader und dem der unteren Hohlvene ließen sich nicht auffinden. — Das parietale Blatt des Bauchfells war durchweg stark verdickt und vielfach von frischen und älteren Blutungen durchsetzt. Wie sich später aus den mikroskopischen Bildern ergab, beruhte die Verdickung einzig und allein auf einer hochgradigen Wucherung des subserösen Bindegewebes, in dem es zu einer erstaunlichen Entwicklung von Kapillaren und größeren venösen Gefäßen gekommen war. Diese histologische Veränderung des Peritonäums konnte nicht auf

eigentliche Entzündungsvorgänge zurückgeführt werden. Akute Peritonitis lag sicher nicht vor; aber auch chronische Bauchfellentzündung mußten wir nach eingehendem Vergleich der Präparate unseres Falles mit solchen von chronischer Peritonitis auf das bestimmteste ausschließen. Unterstützt wurde hierbei unser Urteil durch die Tatsache, daß bei unserer Patientin während ihres Aufenthaltes in der Klinik niemals Fieber bestanden hatte.

Was sonst noch an mehr oder minder bemerkenswerten pathologischen Veränderungen bei der Sektion und bei der histologischen Durcharbeitung des Falles festgestellt wurde, kann hier füglich übergangen werden. Wir haben an anderer Stelle den gesamten makroskopischen und mikroskopischen Befund ausführlich beschrieben und epikritisch besprochen; hier begnügen wir uns die Deutung zu kennzeichnen, die wir dem eigenartigen Fall gegeben haben.

Der Verschluß des Pfortaderstammes, das Fehlen leistungsfähiger Anastomosen zwischen dem Pfortader- und Hohlvenengebiet, die außerordentlich reiche Vaskularisation des Bauchfells, das Ausbleiben schwerer Ernährungsstörungen: das sind die hervorstechenden Erscheinungen, deren Koexistenz für die Epikrise vorwiegend in Betracht kommt.

Der Gang des Stoffwechsels und das Verhalten des Körpergewichts bei unserer Patientin bewiesen, daß ihre Ernährung trotz der starken Transsudation in die Bauchhöhle keineswegs schwer beeinträchtigt war. Wie auch die Aufsaugung von Nährmaterial vor sich gehen mochte, sie genügte zweifellos, um den Bedarf des Körpers zu decken. Fragt man sich nun nach den Resorptionswegen, so findet man, daß außer dem intakten chylösen System nur das Peritonäum eine ausgiebige Stoffzufuhr vermitteln konnte. Insbesondere war die peritonäale Überkleidung der Bauchdecken vermöge ihres Reichtums an abführenden Blutbahnen, die sich hier im subserösen Bindegewebe neu gebildet hatten, dieser Aufgabe angepaßt. Für die ausgeschaltete Pfortader trat also das parietale Bauchfell ein und übernahm bis zu einem gewissen Grade die Resorption der vom Darm abströmenden Nährstoffe. Dieser Modus des Ersatzes des Pfortaderkreislaufes ist, obgleich bisher noch nicht beschrieben, augenscheinlich kein ganz seltener. Wir hatten wenigstens

Gelegenheit, noch in zwei weiteren Fällen von Stauung im Pfortadergebiet (einem Fall von Thrombose und einem Fall von hochgradiger Lebercirrhose) eine ähnliche Hyperplasie des subperitonäalen Bindegewebes zu beobachten, wie sie bei unserer Patientin zustande gekommen war. Begreiflicherweise wird die histologische Umgestaltung des Peritonäums um so weiter fortschreiten, je länger der sie verursachende krankhafte Zustand dauert. In unserem Fall bestand die Pfortaderthrombose mehrere Jahre, und darauf ist es auch sicherlich zurückzuführen, daß das mikroskopische Bild des Bauchfells einen so scharf ausgeprägten Charakter gewonnen hat.

Transsudation und Resorption gingen also bei unserer Patientin nach unserer Auffassung nebeneinander her. Von dem in den Darmgefäßen gestauten Blut wurde Serum aus den vermehrten und erweiterten Kapillarschlingen der Darmserosa und des Mesenteriums in die Bauchhöhle transsudiert und von dort in das parietale Peritonäum aufgesaugt. Die Intensität beider Vorgänge wies bei normaler gleichmäßiger Ernährung der Patientin keine erheblichen Schwankungen auf, sie konnte aber durch gewisse einseitige Kostformen in ziemlich hohem Grade beeinflußt werden. Stets überwog der Vorgang der Transsudation, und zwar so sehr, dass dadurch ein beständiges und außerordentlich schnelles Anwachsen der Ascitesflüssigkeit bedingt wurde. Aus der Konstanz des Körpergewichts unserer Patientin während ihres letzten Lebensjahres ist zu schließen, daß die Folgen der seit Jahren bestehenden Pfortaderthrombose, soweit sie die Ernährung trafen, kompensiert waren. Diese Kompensation war dadurch möglich, daß die durch die Ausschaltung der Pfortader bedingten Ernährungsstörungen durch die resorbierende Tätigkeit des Bauchfells ausgeglichen wurden.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen sich in folgenden Schlußsätzen zusammenfassen:

1. Stellt sich bei obturierender Pfortaderthrombose zwischen den Ästen der Pfortader und dem System der Vena cava keine ausreichende Verbindung her, so kommt es zu hochgradigem Ascites.

2. Die Ascitesflüssigkeit ist in solchen Fällen nicht als ein für den Körper wertloses Stauungstranssudat aufzufassen. Durch die gesteigerte resorbierende Tätigkeit des parietalen

Bauchfells werden aus der in der Leibeshöhle sich aufspeichernden Flüssigkeit reichlich Nährstoffe in den großen Kreislauf aufgenommen und damit für die Ernährung des Körpers wiedergewonnen.

3. Die Lebhaftigkeit der Resorption von seiten des Peritonäums und der Stoffwanderungen in der Leibeshöhle kann durch klinische Beobachtungen und Versuche nachgewiesen werden.

4. In mehreren von uns beobachteten Fällen von Bauchwassersucht bei Pfortaderthrombose oder Lebercirrhose zeigte das parietale Peritonäum und der Peritonäalüberzug der Leber hochgradige Veränderungen. Das subperitonäale Bindegewebe war in starker Wucherung begriffen, seine Maschen waren von Kapillaren und Lymphzellen ausgefüllt. In den tieferen Schichten des subserösen Gewebes fanden sich ungewöhnlich zahlreiche, große, dünnwandige Gefäße (Venen), die vielfach von Lymphzellenhaufen umgeben waren.

5. In solchen Fällen von Bauchwassersucht, bei denen die krankhafte Transsudation auf Stauungen im gesamten venösen System beruht, finden sich nicht so ausgeprägte Veränderungen des parietalen Peritonäums wie bei dem durch Pfortaderthrombose oder Lebercirrhose bedingten Ascites.

6. Die Pfortaderthrombose führte in unserm Falle, wie in den meisten anderen, zur Verkleinerung der Leber, ohne jedoch eine erkennbare krankhafte Veränderung der Leberzellen hervorzurufen; dagegen geriet das Bindegewebe in Wucherung, und zwar in der Art, daß das Lebergewebe durch dickere Septen in Läppchen abgeteilt wurde.

7. Die gallenbereitende Tätigkeit der Leber leidet bei Abschluß des Pfortaderblutes nicht.

8. Der Prozentgehalt der Ascitesflüssigkeit an Stickstoff war in unserem Falle von Pfortaderthrombose durch die Art der Ernährung bis zu einem gewissen Grade zu beeinflussen. Stickstoffarme Kost setzte ihn herab, stickstoffreiche Kost erhöhte ihn.

9. Der absolute Gehalt der Ascitesflüssigkeit an koagulierbarem Eiweiß betrug, auf 25 Liter berechnet, bei eiweißreicher Kost (Milchdiät) 335 g, bei sehr eiweißarmer Kost nur halb so viel, 177 g.

10. Neben koagulierbarem Eiweiß enthielt die Ascitesflüssigkeit eine nicht unbeträchtliche Menge stickstoffhaltiger Extraktivstoffe, deren Natur vorläufig unbekannt blieb. Der Extraktivstickstoff machte etwa ein Neuntel bis ein Sechstel des Gesamtstickstoffs aus.

11. Harnstoff, Albumosen und Peptone waren in den von uns untersuchten Ascitesflüssigkeiten entweder nur in Spuren oder überhaupt nicht vorhanden.

12. Der Zuckergehalt der Ascitesflüssigkeiten betrug nie mehr als wenige Zehntel Prozent.

13. Die physiologische Verwertung des Zuckers wurde durch die Pfortaderthrombose nicht gestört.

14. Die Menge der täglich in die Bauchhöhle ausgeschiedenen Flüssigkeit (an der täglichen Zunahme des Körpergewichts gemessen) wurde in unserem Fall durch eiweißarme Kost erhöht, durch eiweißreiche Kost herabgesetzt. Vermindernd auf die Ausscheidung wirkte besonders reine Milchkost.

15. Die tägliche Zunahme der Ascitesflüssigkeit erwies sich unabhängig von der Spannung und Füllung des Leibes.

16. Durch Herabsetzung der Flüssigkeitszufuhr konnte die Stärke des Transsudationsstroms etwas vermindert und dadurch der Zeitpunkt der nächsten wieder notwendig werdenden Punktion um einige Tage hinausgeschoben werden. —

Die ausführliche Publikation unserer Untersuchungen ist unter dem gleichen Titel in dem LXXVI. Bande des Deutschen Archivs für klinische Medizin erschienen.

Über kolloidale Metalle der Platingruppe.

Von Karl Paal.

Aus dem pharmazeutisch-chemischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 13. Juli 1903.

Durch Einwirkung von verdünntem, wässerigem Ätzalkali spaltet sich Eialbumin in 2 Produkte, die sich in Form ihrer Alkalisalze wie auch in freiem Zustande gewinnen lassen und vom Vortragenden als Protalbin- und Lysalbinsäure bezeichnet wurden[1]). Die in Wasser schwer löslichen Schwermetallsalze der beiden Säuren lösen sich in ätzenden Alkalien, wobei neben regeneriertem protalbin- bezw. lysalbinsauren Alkali die kolloidalen Schwermetallhydroxyde bezw. -oxyde entstehen, die sich durch ungewöhnliche Beständigkeit auszeichnen und auch in fester, haltbarer Form gewonnen werden können.

Nach diesem Verfahren wurden kolloidales Silberhydroxyd resp. -oxyd[2]) und kolloidales Quecksilberoxyd[3]) dargestellt. Wird kolloidales Silberoxyd bei Gegenwart von protalbin- oder lysalbinsaurem Natrium in wässeriger Lösung erwärmt, so wird ersteres durch die organische Komponente zu kolloidalem Silber[4]) reduziert. In ähnlicher Weise läßt sich auch kolloidales Gold[5]) gewinnen.

Die auf diesem Wege erhaltenen Präparate von kolloidalem Silber und Gold sind äußerst beständig, zeigen hohen Metallgehalt (über 90 %) und metallisches Aussehen und bewahren ihre Löslichkeit in Wasser jahrelang.

---

[1]) Ber. chem. Ges. XXXV, 2195.
[2]) Ber. chem. Ges. XXXV, 2206.
[3]) Ber. chem. Ges. XXXV, 2219.
[4]) Ber. chem. Ges. XXXV, 2224.
[5]) Ber. chem. Ges. XXXV, 2236.

Während lösliche Gold- und Silberverbindungen durch die beiden Eiweißspaltungsprodukte zu kolloidalen Metallen reduziert werden, gelingt die Darstellung kolloidaler Metalle der Platingruppe auf diesem Wege nicht oder nur unvollständig.

Trägt man wässerige Lösungen von Platin-Palladium- oder Osmiumverbindungen in eine überschüssiges Alkali enthaltende Lösung von protalbin- oder lysalbinsaurem Natrium ein, so entstehen Lösungen, welche die Oxyde bezw. Hydroxyde der Platinmetalle in kolloidaler Form enthalten. Beim Erwärmen dieser Flüssigkeiten tritt jedoch im Gegensatz zu den entsprechenden Gold- und Silberpräparaten keine oder nur unvollständige Reduktion zu kolloidalem Metall ein. Dagegen vollzieht sich nach Versuchen, die der Vortragende in Gemeinschaft mit Dr. Konrad Amberger angestellt hat, der Übergang in das Metallhydrosol sehr glatt, wenn man ein Reduktionsmittel hinzufügt. Als besonders geeignet für diesen Zweck erwies sich Hydrazinhydrat. Auf diese Weise wurden Präparate von kolloidalem Platin, Palladium und Osmium in Kombination mit protalbin- oder lysalbinsaurem Natrium erhalten, die durch Dialyse gegen Wasser gereinigt und vorsichtig zur Trockne gebracht, schwarze, glänzende Lamellen bildeten. Die Präparate bewahren ihre Wasserlöslichkeit sehr lange Zeit. Die Lösungen erscheinen im auffallenden Licht schwarz, im durchfallenden Licht sind sie klar und in dünner Schicht dunkelbraun gefärbt. Sie erwiesen sich ebenso beständig wie die des kolloidalen Silbers und Goldes (loc. cit.). Ihre wässerigen Lösungen werden durch Säuren in Gestalt feiner schwarzer Flocken gefällt, die sich in Alkalien wieder unverändert lösen.

Die nach vorstehend beschriebener Methode dargestellten Hydrosole des Platins, Palladiums und Osmiums zeigen ähnlich wie die durch elektrische Zerstäubung gewonnenen Hydrosole des Platins[1]) ausserordentlich starke katalytische Wirkungen gegen Wasserstoffperoxyd, und zwar wirkt Osmium stärker wie Palladium und dieses wieder stärker wie Platin.

In einer Verdünnung von 1 Gramm-Molekül Osmium (191 g) in 7 Millionen Liter Wasser wurde noch eine recht beträchtliche katalytische Wirkung auf Wasserstoffperoxyd konstatiert.

---

[1]) G. Bredig, Anorganische Fermente. Leipzig 1901.

Geringe Mengen Cyankalium vernichten die katalytische Wirkung sofort. Eine ausführliche Mitteilung über die unter Anwendung der beiden Eiweißspaltungsprodukte gewonnenen Kolloide des Platins, Palladiums und Iridiums findet sich in den Berichten der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. XXXVII, 124. Die Versuche über kolloidales Osmium, Ruthenium und Rhodium sind noch nicht abgeschlossen.

Über die paläarktischen Lasiocampiden.[1]

Von A. Spuler.

Aus dem anatomischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 25. Mai 1903.

Die wohl abgegrenzte Familie der Lasiocampiden hat vor nicht langer Zeit eine vorzügliche Bearbeitung durch Chr. Aurivillius erfahren. Bei erneutem Studium der einzelnen Gattungen konnte ich feststellen, daß in einigen Punkten seine Resultate nicht richtig sind. Dies erklärt sich daraus, daß Aurivillius keine morphologische Auffassung des Flügelgeäders seinen Studien zu Grunde legte. Einmal scheint mir der Verlauf des Systems II der Vorderflügel und das Verhalten der Grenzader V, vor allem aber die Wurzelnebenzellenbildung der Hinterflügel bei der Beurteilung der Familie von großer Wichtigkeit.

Auf den Hinterflügeln der Schmetterlinge finden wir, mit wenigen Ausnahmen, eine Reduktion der Zahl der Endäste des Systems II auf zwei, II_1 und II; II_1 verschmilzt in wechselnder Entfernung von der Flügelwurzel, meist ihr nahe, mit I, so daß das periphere Stück der vordersten Ader des Hinterflügels als I und II_1 zu bezeichnen ist. Bei starker Ausbildung der durch die Vereinigung von II_1 mit II entstehenden Wurzelnebenzelle wird der Verlauf von II selbst in der Weise beeinflußt, daß sie von der Nebenzelle zu entspringen scheint. Bei sekundärer Reduktion der Wurzelnebenzelle bleibt dann

[1]) Der Munifizenz der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften verdanke ich die Möglichkeit, das einschlägige Material der Sammlungen des Berliner Museums für Naturkunde, sowie der Sammlung M. Daub in Karlsruhe zu untersuchen.

das eigenartige Verhalten von II bestehen. So sind, wie mir scheint, die Verhältnisse bei den weitest differenzierten Formen der Lasiocampiden aufzufassen.

Auffallend häufig finden sich bei den Lasiocampiden überzählige Endäste der Adern II und III. Man geht wohl nicht fehl, wenn man das Auftreten stark chitinisierter Nebentracheen von Ader I der Hinterflügel, das sich normalerweise bei vielen Gattungen in starkem Maße findet, als die Ursache hiervon ansieht. Bei diesen ohnehin hochdifferenzierten und im Verlauf der Endäste variabeln Schmetterlingen dehnt sich häufig eben der für Ader I der Hinterflügel normale, eine Fortentwicklung von einer Rückschlagsbildung darstellende Prozeß auf angrenzende Gebiete der Flügel, auf System II und III also, aus und überträgt sich durch den allgemein bestehenden Parallelismus in der Aberration von Vorder- und Hinterflügel auf den ersteren, dessen ungemein breites Vorderrandfeld ja schon parallel den Hinterflügeln sich entwickelt hat.

Auf die Beurteilung der einzelnen Gattungen möchte ich hier nicht eingehen. Die Resultate meiner Untersuchungen sind in „Die Schmetterlinge Europas", Bd. I, S. 112—125 niedergelegt.

Vor einiger Zeit hat Enderlein versucht, in wesentlichen Punkten meine Auffassung des Flügelgeäders der Schmetterlinge zu bestreiten. In seiner für die Kenntnis des Puppengeäders verdienstvollen sorgfältigen Arbeit geht er von extrem differenzierten Familien, den Saturniden, Sphingiden und Pieriden aus, statt sich an die niedersten, generellsten Typen zu halten.

Hier möchte ich nur feststellen, daß ich seine Ausstellungen für nicht zutreffend erachte; was er als eigentliche Costa auffaßt, für den Vorderrandast von I ansehe. An anderer Stelle werde ich eingehend auf das Geäderproblem zurückkommen.

Über die Resorptionsfähigkeit des Magens.

Von R. Heinz.

Aus dem pharmakologisch-poliklinischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 7. Dezember 1903.

Penzoldt hat bekanntlich gemeinsam mit Faber ein Verfahren angegeben, das es ermöglichen sollte, die Resorptionsfähigkeit des Magens zu messen. Die bekannte „Penzoldt-Fabersche Probe“ besteht darin, daß man die Versuchsperson 0,2 g Jodkalium (in Gelatinekapsel) mit 150 ccm Wasser nehmen läßt und dann alle Minuten den Speichel auf Jodreaktion prüft. Bei Gesunden tritt bei leerem Magen die Jodreaktion innerhalb $7^1/_2$—15 Minuten ein, bei vollem Magen nach 22—45 Minuten. Bei verschiedenen Magenaffektionen erfolgt das Auftreten der Reaktion verspätet, so namentlich bei Magenerweiterung und Magenkrebs; bei Ulcus ventriculi sind die Zeiten normale.

Nun zeigte v. Mering im Jahre 1897 in Versuchen am Hund, daß die Magenschleimhaut dieses Tieres Jodkalium gar nicht resorbiere. v. Mering führte 1—2 g Jodkalium in den Magen ein und unterband den Pylorus und die Kardia: innerhalb von 1—3 Stunden war weder im Speichel noch im Harn Jod nachzuweisen. Auf Veranlassung von Prof. Penzoldt wiederholte Otto im pharmakologisch-poliklinischen Institut in Erlangen die v. Meringschen Versuche und erweiterte dieselben dahin, daß er die Resorption von Jodkalium, salizylsaurem Natrium, Chloralhydrat und Strychninum nitricum an vier Tierarten: Meerschwein-

chen und Kaninchen (Pflanzenfresser), Katze und Hund (Fleischfresser) prüfte[1]). Den Tieren wurde in Äthernarkose die Kardia abgebunden, vom Duodenum her eine Kanüle in den Magen eingeführt, die auf 37,5° C. vorgewärmte Jodkalium- etc. Lösung eingespritzt und sofort der Pylorus gegen das Duodenum zu (unter Schonung der Magengefäße) abgebunden. Nach raschem Schluß der Bauchwunde wurden die Tiere in einen großen Wärmeschrank gebracht, worauf sie sich rasch erholten. Die Resultate der Versuche waren folgende: Jodkalium wurde vom Magen des Hundes und der Katze gar nicht resorbiert: nach 1, 2, 3 und mehr Stunden war in Speichel und Urin keine Spur von Jod nachzuweisen. Daß nicht etwa darniederliegende Zirkulation, als Folge des schweren operativen Eingriffes, die Ursache der Nicht-Resorption des Jodkaliums war, ergaben zwei Kontrollversuche, bei denen 1—2 Stunden nach dem ersten Versuche das Abdomen nochmals geöffnet, ein kurzes Stück Dünndarm nach oben und nach unten abgebunden, und in dasselbe Jodkaliumlösung eingespritzt wurde: hier ließ sich schon nach 5 Minuten Jod im Speichel nachweisen. — Etwas anders als der Fleischfresser verhält sich der Pflanzenfresser: Bei Meerschweinchen und Kaninchen war nämlich nach längerer Zeit Jod im Speichel und Urin nachzuweisen. Aber auch hier trat die Reaktion frühestens nach 45 Minuten auf und war stets nur schwach. — Es wird also Jodkalium von der Magenschleimhaut des Hundes und der Katze gar nicht, von der des Kaninchens und Meerschweinchens spät und spärlich resorbiert. Das salizylsaure Natrium verhielt sich bezüglich der Resorption genau wie das Jodkalium. — Gerade umgekehrt verhielt sich das Strychnin: Strychninum nitricum, in den — beiderseits abgebundenen — Magen gegeben, erzeugte bei Hund und Katze, nicht aber bei Kaninchen und Meerschweinchen, Krämpfe. — Das Chloralhydrat wird von dem Magen aller vier Tierarten rasch und ausgiebig resorbiert: die Tiere verfielen auf entsprechende Dosen rasch in tiefen Schlaf.

Die Versuche von Otto ergeben zunächst, daß sich die

---

[1]) Otto, Über die Resorption von Jodalkalien, Natriumsalizylat, Chloralhydrat und Strychnin im Magen. Archiv für Verdauungskrankheiten Bd. VIII.

verschiedenen Tierarten dem gleichen Stoffe gegenüber, wie die gleiche Tierart verschiedenen Stoffen gegenüber, durchaus verschieden verhalten, daß man also aus Versuchen an einer Tierart durchaus nicht ohne weiteres auf eine andere Tierart (und den Menschen) schließen darf. Bezüglich des Jodkaliums zeigten die Versuche (in Bestätigung derer von v. Mering), daß Jodkalium vom Magen des Fleischfressers gar nicht, von dem des Pflanzenfressers nur spät und minimal resorbiert wird. Die Versuche lehren nun, daß die Penzoldt-Fabersche Probe nicht länger als eine sichere Probe für die Resorptionsfähigkeit des Magens angesehen werden darf. (Ein stringenter Beweis für die Nicht- oder Schwer-Resorbierbarkeit des Jodkaliums seitens des omnivoren Menschen ist allerdings durch die erwähnten Tierversuche nicht gegeben.) Hält man aber die Resorption des Jodkaliums durch die Magenschleimhaut des Menschen in den kurzen Zeiten von $7^1/_2$—45 Minuten für ausgeschlossen, so stellt die Penzoldt-Fabersche Probe eine sehr einfache und bequeme Methode für die Beurteilung der Motilität des Magens dar. Bekanntlich beginnt der Magen schon sehr bald nach Einführung von Ingestis Teile seines Inhaltes (insbesondere des flüssigen Anteiles) durch rhythmische Öffnung des Pylorus zu entleeren. So gelangen auch bei der Penzoldt-Faberschen Probe von der im Magen entstehenden Jodkalium-Lösung durch die motorische Tätigkeit des Magens sehr bald Teile in den Dünndarm, wo sie alsbald resorbiert werden. — Prof. Inouje (Chiba-Japan) hat im pharmakologisch-poliklinischen Institut zu Erlangen Versuche darüber angestellt, wie rasch in den Magen eingeführte Jodkalium-Lösungen jenen verlassen[1]). Gibt man Kaninchen per Schlundsonde Jodkalium in den Magen, so zeigt sich die erste Reaktion im Speichel bezw. Harn nach 20—22 Minuten. Inouje brachte nun Kaninchen per os Jodkalium-Lösung bei, öffnete nach 20—10—5—3 Minuten dem durch Genickschlag getöteten Tier das Abdomen, band rasch zahlreiche kurze Partien des Dünndarms ab und stellte (mit HNO_2 und Stärkekleister) Reaktion auf Jodkalium

[1]) Inouje, Über die Resorption von Jod und die Brauchbarkeit der Penzoldt-Faberschen Probe zur Bestimmung der Motilität des Magens. Archiv für Verdauungskrankheiten 1904.

an. Da zeigte nun nach 20 Minuten der Dünndarm auf eine Strecke von 180 cm (vom Magen aus) — nach 10 Minuten auf ca. 60 cm Jodreaktion; nach 5 Minuten war Jodkalium auf ca. 40 cm vorgedrungen, und erst bei 3 Minuten zeigte der Dünndarm in seinem Anfangsteile keine Jodreaktion. Diese Versuche sprechen deutlich dafür, wie rasch — beim normalen Magen — das Jodkalium den Magen verläßt, und daß man wohl die Penzoldt-Fabersche Probe als Probe auf die Motilität des Magens benützen darf.

Inhalt.

Seite

Helmreich, K., Über die spezifische Wärme von Flüssigkeitsgemischen und Lösungen 1

Schneider, Fr., Über das Verhalten der Kathodenstrahlen in elektrischen Feldern 46

Martin, A., Über physikalisch-chemische und physiologische Wirkungen einiger Alkaloide auf Zellen 81

Rosenthal, W., Bemerkungen über eine neue Seuche der Hühnervögel (lombardische Hühnerpest) 109

Wehnelt, A., Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metallverbindungen und damit zusammenhängende Erscheinungen 115

Henrich, F., Aus Justus Liebigs Lehr- und Wanderjahren . . . 124

Heller, G., Zur Geschichte des Anthranils 159

Veit, J., Aus unserer frühesten Jugend 187

Knebel, W. v., Vergleichende Studien über die vulkanischen Phänomene im Gebiete des Tafeljura 189

Fleischmann, A., Die Entwicklung des Afters und der äußeren Geschlechtsorgane der Säugetiere 211

Knebel, W. v., Basaltmaare im Taunus 213

Schulz, O., und Müller, L. R., Klinische, physiologische und pathologisch-anatomische Untersuchungen an einem Fall von hochgradigem Ascites bei Pfortaderthrombose 231

Paal, K., Über kolloidale Metalle der Platingruppe 238

Spuler, A., Über die paläarktischen Lasiocampiden 241

Heinz, R., Über die Resorptionsfähigkeit des Magens 243

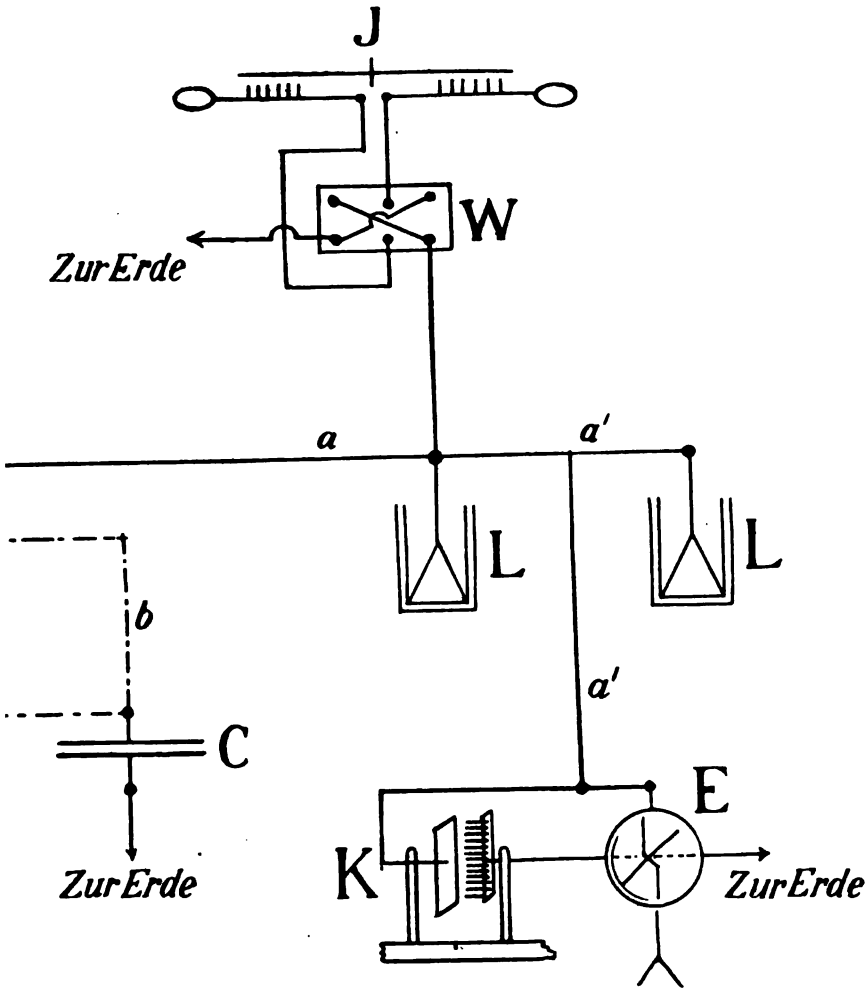
fel I

Z

=

schin

fel II.



chine

Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medizinischen Sozietät

in

Erlangen

Redigiert von **Oskar Schulz**

---

36. Band

1904

ERLANGEN
K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn
1905

Sitzungsberichte

der

Physikalisch-medizinischen Sozietät

in

Erlangen

Redigiert von Oskar Schulz

BOSTON MEDICAL
JUN 26 1911
LIBRARY.

30. Band

1904

ERLANGEN
K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn
1905

Inhaltsverzeichnis.

Geschäftliche Mitteilungen:

Stand der Mitglieder V

A. Ordentliche Mitglieder V

B. Ehrenmitglieder VI

C. Korrespondierende Mitglieder IX

Vorstand XI

Tauschverkehr XII

Eingelaufene Druckschriften

A. Im Tauschverkehr XII

B. Als Geschenk XXI

Verzeichnis der in den Sitzungen vom 1. Januar 1904 bis 31. Dezember 1904 gehaltenen Vorträge XXIII

Wissenschaftliche Mitteilungen aus den Sitzungen und Abhandlungen 1

Inhaltsverzeichnis des wissenschaftlichen Teiles des 36. Bandes 352

Stand der Mitglieder

am 31. Dezember 1904.

48 ordentliche, 64 Ehren- und 84 korrespondierende Mitglieder.

In der folgenden Liste stehen die Abkürzungen: O.M. für ordentliches, K.M. für korrespondierendes, E.M. für Ehrenmitglied. Die Jahreszahlen beziehen sich auf die Zeit der Ernennung.

A. Ordentliche Mitglieder.

Apitzsch, H., Dr., Assistent am pharmazeut.-chem. Institut, 1896.
Bischoff, O., Dr., kgl. Bezirksarzt, 1893.
Brommer, M., Apotheker, 1885.
Busch, M., Dr., Professor der Chemie, 1890.
Denker, A., Dr., Prof. der Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilkunde, 1903.
Fischer, O., Dr., Professor der Chemie, 1885.
Fleischmann, A., Dr., Professor der Zoologie, 1886.
Fritsch, O., Dr., prakt. Arzt, 1888.
Fuchs, R., Dr., Privatdozent für Physiologie, 1901.
Gengler, J., Dr., Stabsarzt, 1903.
Gerhardt, D., Dr., Professor der klinischen Propädeutik, 1903.
Gerlach, L., Dr., Professor der Anatomie, 1874.
Gordan, P., Dr., Professor der Mathematik, 1874.
Graser, E., Dr., Professor der Chirurgie, 1884.
Gutbier, A., Dr., Privatdozent für Chemie, 1899.
Hauck, L., Dr., Assistent an der medizinischen Klinik, 1901.
Hauser, G., Dr., Professor der patholog. Anatomie, 1881.
Heim, L., Dr., Professor der Hygiene und Bakteriologie, 1897.
Heinz, R., Dr., Professor für Pharmakologie, 1899.
Henrich, F., Dr., Professor für Chemie, 1901.
Hermann, F., Dr., Professor der Anatomie, 1884.
Hetzel, K., Dr., prakt. Arzt, 1898.
Jamin, F., Dr., Privatdozent für innere Medizin, 1903.
Jordis, E., Dr., Privatdozent für Chemie, 1902.
Koeberlin, H., Dr., Oberarzt an der Kreisirrenanstalt, 1885.
Königer, H., Dr., Assistent an der medizin. Klinik, 1904.
Kryger, M. v., Dr., Professor der Chirurgie, 1898.

Limpach, L., Dr., Hofapotheker, 1893.
Merkel, H., Dr., Privatdozent für patholog. Anatomie, 1903.
Noether, M., Dr., Professor der Mathematik, 1875.
Paal, C., Dr., Professor der Chemie, 1887.
Pechuël-Loesche, E., Dr., Professor der Geographie, 1895.
Penzoldt, F., Dr., Professor der inneren Medizin, 1874.
Reiger, L., Dr., Assistent am physikal. Institut, 1902.
Rosenthal, I., Dr., Professor der Physiologie, 1872.
Salvendi, H., Dr., Assistent an der Kinderklinik, 1904.
Schilling, Th., Dr., Arzt, 1904.
Schulz, O., Dr., Privatdozent für Physiologie, 1888.
Seitz, L., Dr., Oberstabsarzt, 1902.
Solereder, H., Dr., Professor der Botanik, 1900.
Specht, G., Dr., Professor der Psychiatrie, 1891.
Spuler, A., Dr., Professor für Anatomie, 1894.
Strehl, K., Dr., Gymnasiallehrer, 1898.
Voit, F., Dr., Professor der inneren Medizin u. Pharmakologie, 1903.
Wehnelt, A., Dr., Professor der Physik, 1900.
Wiedemann, E., Dr., Professor der Physik 1886,
Würschmidt, A., Dr., Direktor der Kreisirrenanstalt, 1898.
Zander, E., Dr., Privatdozent für Zoologie, 1904.

Eingetreten sind in der Zeit vom 1. Januar 1904 bis zum 31. Dezember 1904 die Herren

H. Königer, H. Salvendi, Th. Schilling, E. Zander.

Ausgetreten sind in derselben Zeit die Herren

A. Böttiger, W. Fürnrohr, G. Heller, W. v. Knebel, G. Korff, H. Lenk, W. Rosenthal, G. C. Schmidt, H. Schridde, W. Stoeckel, J. Veit.

Die Gesellschaft verlor durch den Tod ihr ordentliches Mitglied W. Hetzel.

B. Ehrenmitglieder.

Ihre Königliche Hoheit Dr. Therese Prinzessin von Bayern, 1903.
Seine Königliche Hoheit Dr. Karl Theodor Herzog in Bayern, 1888.
Arrhenius, Swante, Professor der Physik, Stockholm, K.M. 1895, E.M. 1904
Baeyer, A. v., Professor der Chemie, München, 1883.
Berthelot, M. P. E., Professor der Chemie, Paris, K.M. 1860, E.M. 1895.

Boltzmann, L., Professor der Physik, Wien, 1897.
Branco, W., Professor der Geologie, Berlin, 1903.
Bütschli, O., Professor der Zoologie, Heidelberg, K.M. 1897, E.M. 1899.
Ehlers, E., Professor der Zoologie, Göttingen, O.M. 1869, E.M. 1874.
Engelmann, Th. W., Professor der Physiologie, Berlin, K.M. 1899, E.M. 1903.
Eversbusch, O., Professor der Augenheilkunde, München, O.M. 1886, E.M. 1901.
Exner, S., Professor der Physiologie, Wien, K.M. 1901, E.M. 1903.
Fischer, E., Professor der Chemie, Berlin, O.M. 1882, K.M. 1886, E.M. 1895.
Flemming, W., Professor der Anatomie, Kiel, K.M. 1888, E.M. 1901.
Goebel, K., Professor der Botanik, München, K.M. 1901, E.M. 1903.
Golgi, C., Professor der allgemeinen Pathologie, Pavia, K.M. 1895, E.M. 1903.
Groth, P., Professor der Mineralogie, München, K.M. 1888, E.M. 1903.
Haeckel, E., Professor der Zoologie, Jena, 1903.
Hensen, V., Professor der Physiologie, Kiel, 1901.
Hering, E., Professor der Physiologie, Leipzig, K.M. 1897, E.M. 1903.
Hertwig, O., Professor der Anatomie, Berlin, K.M. 1889, E.M. 1899.
Hilger, A., Professor der Chemie, München, O.M. 1872, E.M. 1893.
Hoff, J. H. van't, Professor der Chemie, Berlin, 1902.
Jordan, Camille, Professor der Mathematik, Paris, 1897.
Kohlrausch, F., Professor, Präsident der physik.-techn. Reichsanstalt, Charlottenburg, K.M. 1883, E.M. 1896.
Klein, F., Professor der Mathematik, Göttingen, O.M. 1872, E.M. 1875.
Koch, R., Direktor des Institutes für Infektionskrankheiten, Berlin, K.M. 1883, E.M. 1895.
Kölliker, A. v., Exzellenz, Professor der Anatomie, Würzburg, K.M. 1851, E.M. 1883.
Königsberger, L., Professor der Mathematik, Heidelberg, 1904.
Leber, Th., Professor der Augenheilkunde, Heidelberg, 1899.
Leube, W. v., Professor der Medizin, Würzburg, O.M. 1868, E.M. 1886.
Leyden, E. v., Professor der Medizin, Berlin, 1902.

Lister, J., Professor der Chirurgie, London, 1883,
Michel, J. v., Professor der Augenheilkunde, Berlin, O.M. 1873, K.M. 1878, E.M. 1895.
Moissan, H., Professor der Chemie, Paris, 1903
Ostwald, W., Professor der physikal. Chemie, Leipzig, K.M. 1895, E.M. 1897.
Pfeffer, W., Professor der Botanik, Leipzig, 1901
Picard, E., M. de l'Institut, Paris, 1904.
Ramsay, W., Professor der Chemie, London, 1903
Recklinghausen, F. v., Professor der path Anatomie, Strassburg i. E., 1896.
Retzius, G., Professor der Anatomie, Stockholm, K.M. 1895, E.M. 1901.
Richthofen, F. Freiherr von, Professor der Geographie, Berlin, K.M. 1883, E.M. 1903.
Rindfleisch, G. E. v., Professor der path. Anatomie, Würzburg, K.M. 1883, E.M. 1899.
Röntgen, C. v., Professor der Physik, München, K.M. 1889, E.M. 1897.
Rothmund, A. v., Professor der Augenheilkunde, München, K.M. 1887, E.M. 1900.
Sattler, H., Professor der Augenheilkunde, Leipzig, O.M. 1879, K M 1886, E.M. 1895.
Sämisch, O., Professor der Augenheilkunde, Bonn, K.M. 1887, E.M. 1899.
Schuster, A., Professor der Physik, Manchester, 1903.
Schwendener, S., Professor der Botanik, Berlin, 1901.
Schweigger, C. Professor der Augenheilkunde, Berlin, 1900.
Strasburger, E., Professor der Botanik, Bonn, K.M. 1883, E.M. 1903.
Strümpell, A. v., Professor der Medizin, Breslau, O.M. 1886, E.M. 1904.
Thomson, J. J., Professor der Physik, Cambridge, 1903.
Thomson, Sir W., Lord Kelvin, Professor der Physik, Glasgow, 1878.
Voit, C. v., Professor der Physiologie, München, K.M. 1863, E.M. 1883.
Volhard, J., Professor der Chemie, Halle a. S., O.M. 1879, K.M. 1882, E.M. 1904.
Waldeyer, W., Professor der Anatomie, Berlin, 1897.
Weber, H., Professor der Physik, Braunschweig, 1899.

Weber, H., Professor der Mathematik, Strassburg i. E., 1900.
Weismann, A., Professor der Zoologie, Freiburg i. Br., 1897.
Zehender, W. v., Professor der Augenheilkunde, Eutin, 1899.
Zeuthen, H. G., Professor der Mathematik, Kopenhagen, 1901.
Zweifel, P., Professor der Gynäkologie, Leipzig, O.M. 1876. E.M. 1887.

Die Gesellschaft verlor durch Tod ihre Ehrenmitglieder L. Cremona, E. J. Marey, C. Weigert.

C. Korrespondierende Mitglieder.

Arnold, J., Professor der path. Anatomie, Heidelberg, 1896.
Auwers, K., Professor der Chemie, Greifswald, 1897.
Bauer, G., Professor der Mathematik, München, 1889.
Bäumler, Ch., Professor der Medizin, Freiburg i. Br., O.M. 1872, K.M. 1874.
Bertoni, G., Professor der Chemie, Livorno, 1895.
Blanckenhorn, M., Privatdozent, Pankow-Berlin, O.M. 1890, K.M. 1903.
Bokorny, Th., Gymnasial-Professor, München, O.M. 1888, K.M. 1896.
Boström, E., Professor der path. Anatomie, Giessen, O.M. 1879, K.M. 1881.
Brill, A. v., Professor der Mathematik, Tübingen, 1894.
Buchner, Ed., Professor der Chemie, Berlin, 1897.
Chiari, H., Professor der path. Anatomie, Prag, 1897.
Curtius, Th., Professor der Chemie, Heidelberg, O.M. 1886, K.M. 1896.
Déjérine, J., Professor, Médecin de l'hospice de Bicêtre, Paris, 1895.
Delpino, F., Professor der Botanik, Neapel, 1875.
Duncan, M., Professor der Gynäkologie, London, 1883.
Ebert, H., Professor der Physik, München, O.M. 1887, K.M. 1894.
Eberth, C., Professor der path. Anatomie, Halle a. S, 1895.
Ebner, V. v., Professor der Histologie, Wien, 1901.
Elster, H., Professor der Physik, Wolfenbüttel, 1903.
Elterlein, A. v., kais. ottoman. Ministerialrat, Konstantinopel, O.M. 1895, K.M. 1900.
Engler, A., Professor der Botanik, Berlin, 1902.
Filehne, W., Professor der Pharmakologie, Breslau, O.M. 1874, K.M. 1886.
Fittig, R., Professor der Chemie, Strassburg i. E., 1888.
Foster, B., Professor der Medizin, Birmingham, 1866.

Frommel, R., Professor der Gynäkologie, München, O.M. 1887, K.M. 1901.
Geitel, O., Professor der Physik, Wolfenbüttel, 1903.
Günther, S., Professor der Geographie, München, O.M. 1873, K.M. 1874.
Hadamard, J., Professor der Mathematik, Bordeaux, 1899.
Hansen, A., Professor der Botanik, Giessen, O.M. 1879, K.M. 1882.
Hantzsch, A., Professor der Chemie, Leipzig 1901.
Heller, A., Professor der path. Anatomie, Kiel, O.M. 1869, K.M. 1872.
Hertwig, R., Professor der Zoologie, München, 1889.
Hilbert, D., Professor der Mathematik, Göttingen, 1899.
Horsley, V., Professor der Chirurgie, F. R. S., London, 1901.
Hoyer, H., Professor der Histologie und Entwicklungsgeschichte, Warschau, 1884.
Hubrecht, A., Professor der Zoologie, Utrecht, O.M. 1874, K.M. 1875.
Karrer, F., Direktor, der Irrenanstalt Klingenmünster, O.M. 1872, K.M. 1883.
Knoblauch, O., Professor der Physik, München, O.M. 1889, K.M. 1896.
Knorr, L., Professor der Chemie, Jena, O.M. 1883, K.M. 1886.
Kollmann, J., Professor der Anatomie, Basel, 1897.
Königs, W. Professor der Chemie, München, 1888.
Kossel, A., Professor der Physiologie, Heidelberg, 1903.
Krause, W., Professor der Anatomie, Berlin, 1861.
Kries, J. v., Professor der Physiologie, Freiburg i. Br., 1889.
Lépine, Professor der Medizin, Lyon, 1888.
Lieben, A., Professor der Chemie, Wien, 1870.
Limpricht, H., Professor der Chemie, Greifswald, 1856.
Luciani, L., Professor der Physiologie, Rom, 1895.
Lüroth, J., Professor der Mathematik, Freiburg i. Br., 1883.
Marchand, F., Professor der path. Anatomie, Leipzig, 1896.
Meissner, G., Professor der Physiologie, Göttingen, 1860.
Meyer, E. v., Professor der Chemie, Dresden, 1897.
Mosso, A., Professor der Physiologie, Turin, 1895.
Munk, Herm., Professor der Physiologie, Berlin, 1897.
Müller, W., Professor d. path. Anatomie, Jena, O.M. 1856, K.M. 1861.
Nernst, W., Professor der physikal. Chemie, Berlin, 1897.
Öbbeke, K., Professor der Mineralogie, München, O.M. 1887, K.M. 1896.

Orth, J., Professor der path. Anatomie, Berlin 1897.
Ost, H., Professor der Chemie, Hannover, 1889.
Oudemans, C. A. J. A., Professor der Botanik, Amsterdam, 1861.
Planck, M., Professor der Physik, Berlin, 1897.
Prym, F., Professor der Mathematik, Würzburg, 1883.
Radlkofer, L., Professor der Botanik, München, 1901.
Raymond, F., Professor, Médecin de la Salpêtrière, Paris, 1895.
Röhring, Oberstabsarzt a. D., Nürnberg, O.M. 1886, K.M. 1896.
Sarasin, Ed., Grand Saconnet, Genf, 1896.
Schmidt, G. C., Professor der Physik, Königsberg i. Pr., O.M. 1893, K.M. 1900.
Schwalbe, G., Professor der Anatomie, Strassburg i. E., 1886.
Schweinfurth, G., Kairo, 1865.
Segre, C., Professor der Mathematik, Turin, 1901.
Simon, H. Th., Professor der Physik, Göttingen, O.M. 1894, K.M. 1899.
Steiner, J., Professor, prakt. Arzt, Cöln, O.M. 1876, K.M. 1879.
Stintzing, R., Professor der Medizin, Jena, 1899.
Tafel, J., Professor der Chemie, Würzburg, O.M. 1884, K.M. 1902.
Thiele, J., Professor der Chemie, Strassburg i. E., 1897.
Uhthoff, Professor der Augenheilkunde, Breslau, 1899.
Ullrich, H., Direktor der Irrenanstalt Kaufbeuren und Irsee, O.M. 1874, K.M. 1888.
Vongerichten, E., Professor d. Chemie, Jena, O.M. 1873, K.M. 1883.
Wegscheider, R., Professor der Chemie, Wien, 1902.
Weyl, Th., Privatdoz., Berlin-Charlottenburg, O.M. 1879, K.M. 1883.
Wierdersheim, R., Professor der Anatomie, Freiburg, 1899.
Wislicenus, W., Professor der Chemie, Tübingen, 1897.
Ziegler, E., Professor der path. Anatomie, Freiburg i. Br., 1899.
Zuntz, N., Professor der Physiologie, Berlin, 1897.

Die Gesellschaft verlor durch den Tod ihr korrespondierendes Mitglied F. W. Zahn.

Vorstand.

Vom 9. Mai 1904 an bestand der Vorstand aus den Herren

Busch, M., I. Direktor,
Schulz, O., II. Direktor,
Spuler, A., I. Sekretär,
Schmidt, G. C., II. Sekretär,
Brommer, M., Kassier.

Am 1. Oktober schied G. C. Schmidt aus dem Vorstand aus.

Am 14. November trat A. Wehnelt als II. Sekretär in den Vorstand ein.

Tauschverkehr.

Zusendungen von Büchern etc. für die Gesellschaft wolle man direkt an die Physikalisch-medizinische Sozietät in Erlangen richten, die, sofern nicht **besondere** Empfangsanzeige **verlangt** wird, für eingegangene Schriften **nur** in dem folgenden Verzeichnisse dankt.

Verzeichnis

der vom 1. Januar bis 31. Dezember 1904 eingelaufenen Druckschriften:

A. im Tauschverkehr.

Amsterdam, Koninklijke Akademie van Wetenschappen: Jaarboek 1903. Verslag van de gewone Vergaderingen der Wis- en natuurk. Afd. 12, 1. 2. Afd. Letterkunde IV, 6. — Paedagogium. Carmen praemio aureo ornatum. 1904.

Arcachon, Société scientifique et station zoologique: Travaux 1903.

Augsburg, Naturhistorischer Verein für Schwaben und Neuburg: Bericht 36.

Aussig, Naturwissenschaftlicher Verein: Bericht.

Baltimore, American Chemical Journal 29 (1903), Nr. 3—6. 30 (1903), Nr. 1—5.

— Johns Hopkins University, Biological Laboratory: Memoirs.

Bamberg, Naturforschende Gesellschaft: Bericht.

Basel, Naturforschende Gesellschaft: Verhandlungen.

Batavia, Natuurkundig Vereeniging in Nederl.-Indïe: Tijdschrift 63.

Bautzen, Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis: Sitzungsberichte und Abhandlungen.

Bergen, Bergens Museum: Aarbog 1930, 3. 1904, 1. 2. — Aarsberetning for 1903. — Sars, G. O.: An Account of the Crustacea of Norway V, 1—5.

Berlin, Akademie der Wissenschaften: Sitzungsberichte 1904, Nr. 1—40.

— Botanischer Verein der Provinz Brandenburg: Verhandlungen 45 (1903).

— Deutsche chem. Gesellschaft: Berichte 36 (1903), Nr. 18. 37 (1904). Nr. 1—18.

— Geol. Landesanstalt und Bergakademie: Jahrbuch.

— Verein für innere Medizin: Verhandlungen.

Berlin, Deutsche Medizinalzeitung: XXV (1904), Nr. 1—104. Notizkalender XIX (1904), Nr. 1—4. — Karzinomliteratur 2 (1903/04), Nr. 2—12. — Monatsschrift für orthopädische Chirurgie u. physik. Heilmethoden IV (1904), Nr. 1—10.

— Medizinische Gesellschaft: Verhandlungen 34 (1903).

— Gesellschaft naturforschender Freunde: Sitzungsberichte 1903.

— Deutsche Physikalische Gesellschaft: Berichte 2 (1904), Nr. 1—24; enthaltend: Verhandlungen 6, 1904, Nr. 1—24. und Literaturverzeichnis 3, 1904, Nr. 1—24.

Bern, Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen 1519—1564.

Bonn, Naturhistorischer Verein für die preußischen Rheinlande und Westfalen: Verhandlungen 60, 2. — Sitzungsberichte 1903, Nr. 2.

Bordeaux, Société des Sciences physiques et naturelles: Mémoires Sér. VI, t. III, Append. 1903. — Procès-verbaux 1902/03.

Boston, American Academy of Arts and Sciences: Proceedings 39, Nr. 5—24. 40, Nr. 1—7.

— Society of Natural History: Proceedings.

Braunschweig, Verein für Naturwissenschaften: Jahresbericht IX. XIII.

Bremen, Naturwissenschaftlicher Verein: Abhandlungen XV, 3. XVII, 3.

Breslau, Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur: Jahresbericht 81 (1903). — Die Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. I. Die Hundertjahrfeier. II. Geschichte der Gesellschaft. Breslau 1904. 1 vol.

Brooklyn, The Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences. Science Bulletin. — Memoirs of natural sciences vol. I, 1.

Brünn, Naturforschender Verein: Verhandlungen 41 (1902). — Bericht der meteorologischen Kommission 21 (1901).

Brüssel, Académie Royale de Médecine de Belgique: Bulletin Sér. IV, 18 (1904), Nr. 1—9.

— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique: Annuaire 1904. — Mémoires 6. — Mémoires cour. et autres mémoires 63, Nr. 8; 64. 65. 66. — Mémoires cour. et mémoires des sav. étr. 62, Nr. 5—7. — Bulletin 1903, Nr. 11—12. 1904, Nr. 1—11.

— Société Entomologique de Belgique: Annales 47 (1903).

— Société Royale de Botanique de Belgique: Bulletin 40 (1901).

Budapest, Ungarische Akademie der Wissenschaften: Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn 19 (1901). — Értekezések a természettudományok köreböl. — Értekezések a mathematikai tudományok köreböl. — Mathematikai és természettudományi Értesitö 21 (1903), Nr. 3—5. 22 (1904), Nr. 1. 2. — Rapport 1903.

Buenos Aires, Museo Nacional: Anales VIII (S. 3. t. I, 3.) — Comunicaciones.

— Ministerio de agricultura. Sección de zootecnia, bacteriologia, veterinaria y zoologia: Anales.

— Deutsche Akademische Vereinigung: Veröffentlichungen.

Bukarest, Societatii de Sciinte Fizice: Buletinul 12 (1903), Nr. 5. 6. 13 (1904), N. 1—4.

Cambridge (Engl.), Philosophical Society: Proceedings 12, 4—6.

— (Mass.), Museum of Comparative Zoology at Harvard College: Bulletin 42, Nr. 5. 43, Nr. 1—3. 44. 45. 46. Report 1903—04.

Chemnitz, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Bericht 15 (1899—1903).

Cherbourg, Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathématiques: Mémoires 33, Nr. 2.

Christiania, Kgl. Universität: Norges officielle Statistik.

Chur, Naturforsch. Gesellschaft Graubündens: Jahresbericht 46.

Córdoba, Academia Nacional de Ciencias de la República Argentina: Boletin.

Danzig, Naturforschende Gesellschaft: Schriften.

Dorpat siehe Jurjew.

Dresden, Gesellschaft für Natur- und Heilkunde: Jahresbericht 1902—03.

— Naturwissenschaftl. Gesellschaft Isis: Sitzungsberichte 1904: Jan.—Juni.

Dublin, Royal Dublin Society: The economic Proceedings I, 4. — The scientific Proceedings X, 1. — Transactions VIII, 2—5.

— Royal Irish Academy: Proceedings Sect. A vol. 24, 3. 4. 25, 1. 2. Sect. B vol. 24, 4. 5. Sect. C vol. 24, 1. 2. — Transactions Sect. A 32: Nr. 1. 2. 6—10. Sect. B 32: Nr. 3. 4. Sect. C 32: Nr. 2. 3.

Dürkheim, Pollichia: Mitteilungen. 18. 19. — Schaefer, Heinrich: Über die Stirnwaffen der zweihufigen Wiederkäuer oder Artiodactylen. Vortrag. 1904.

Edinburgh, Royal College of Physicians: Reports from the laboratory.

— Botanical Society: Transactions XXII, Nr. 1—3.

— Physical Society: Proceedings 1902/04.

— Royal Society: Proceedings. — Transactions.

Elberfeld, Naturwissenschaftlicher Verein: Jahresbericht.

Emden, Naturforsch. Gesellschaft: Jahresbericht — Schriften.

Florenz, Biblioteca Nazionale Centrale: Bollettino delle pubblicazioni italiane 1903/04 Nr. 37—48. Indice Bogen A-F.

— Istituto di Studi Superiori: Pubblicazioni. — Sezione di med. e chirurg. — Sez. di scienze fis. e naturali.

— Società Botanica Italiana: Bullettino.

Frankfurt a. M., Ärztlicher Verein: Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens, die Krankenanstalten und die öffentlichen Gesundheitsverhältnisse der Stadt Frankfurt a. M. — Tabellarische Übersichten betreffend den Zivilstand der Stadt Frankfurt a. M.

— Senckenbergische Naturforsch. Gesellschaft: Bericht 1903. 1904. Abhandlungen 27, Nr. 2. 29, Nr. 1.

— Physikalischer Verein: Jahresbericht 1902/03 m. Beil.

Frankfurt a. O., Naturwissenschaftlicher Verein: Helios. Abhandlungen und Mitteilungen aus dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften 21 (1904). — Societatum Litterae.

Frauenfeld, Thurgauische Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen.

Freiburg i. B., Naturforschende Gesellschaft: Berichte 14.

Fulda, Verein f. Naturkunde: Bericht.

St. Gallen, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Bericht 1899/00—1900/01. Erscheint von da ab u. d. Tit.: Jahrbuch: 1901/02.

Genf, Société de Physique et d'Histoire Naturelle: Compte rendu 20 (1903).

Gent, Kruidkundig Genootschap Dodonaea: Jaarboek.

Genua, Accademia Medica: Bollettino.

— Museo Civico di Storia Naturale: Annali.

Gießen, Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde: Bericht.

Görlitz, Naturforschende Gesellschaft: Abhandlungen.

Göteborg, Kgl. Vetenskaps- och Vitterhetssamhälle: Handlingar F. IV, Nr. 5. 6.

Göttingen, Gesellsch. der Wissenschaften: Nachrichten, Math.-phys. Kl. 1903, Nr. 6. 1904, Nr. 1—5. — Geschäftliche Mitteilungen 1903, Nr. 2. 1904, Nr. 1.

Graz, Verein der Ärzte in Steiermark: Mitteilungen 41 (1904), Nr. 1—12.

— Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: Mitteilungen 1903.

Greifswald, Naturwissenschaftl. Verein für Neu-Vorpommern und Rügen: Mitteilungen 35 (1903).

Haarlem, Musée Teyler: Archives Sér. II, Vol. 8, Nr. 4. 5. Vol. 9, Nr. 1. 2. — Catalogue de la Bibliothèque dressé par Bohnensieg. Tome III. Harlem 1904.

Halifax, New Scotian Institute of Science: Proceedings and Transactions.

Halle a. S., Kaiserl. Leopoldino-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher: Leopoldina 40 (1904), Nr. 1—12.

— Naturforschende Gesellschaft: Bericht.

— Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen: Zeitschrift für Naturwissenschaften 76, Nr. 3—6. 77, Nr. 1. 2.

Hamburg, Naturwissenschaftlicher Verein in Hamburg-Altona: Verhandlungen III. Folge, 11. — Abhandlungen.

— Verein für naturwissenschaftl. Unterhaltung: Verhandlungen 12 (1904).

Hanau, Wetterauische Gesellschaft für die gesamte Naturkunde: Bericht 1899—1903.

Hannover, Naturhistorische Gesellschaft: Jahresbericht.

Heidelberg, Naturhistorisch-Medizinischer Verein: Verhandlungen N. F. VII, 3—5.

Helsingfors, Societas pro Fauna et Flora Fennica: Acta 21. 22. 23. — Meddelanden 28 (1901/02). — Herbarium Musei Fennici Meddelanden.

— Societas Scientarium Fennica: Acta 25, 1. 26—31. — Bidrag till kännedom of Finlands Natur och Folk 61. 62. — Öfversigt

44 (1901/02). 45 (1902/03). — Observat. publiées par l'Institut Météorologique Central 16 (1897) 17 (1898). — Observations météorol. p. p. l'Institut météorol. central. Etat des glaces et des neiges 1892—1893. Par A. Heinrichs.

Helsingfors, Société Finlandaise de géographie: Meddelanden.

Jekaterinburg, Société Ouralienne de Médecine: Mémoires VIII, 1904.

Innsbruck, Naturwissenschaftlich-Medizin. Verein: Berichte 28 (1901/02).

Jurjew, Naturforschende Gesellschaft: Archiv für die Naturkunde Liv., Esth- u. Kurlands. — Sitzungsberichte XIII, 2. — Schriften 12.

Karlsruhe, Naturwissenschaftlicher Verein: Verhandlungen 17.

Kasan, Société Physico-Mathématique: Bulletin Sér. II, T. 13, Nr. 3. 4. T. 14, Nr. 1. 2.

Kassel, Verein für Naturkunde: Abhandlungen und Berichte. 48 (1902—03).

Kiel, Naturwissenschaftlicher Verein in Schleswig-Holstein: Schriften.

Kiew, Société des Naturalistes: Mémoires 18.

Klausenburg (Kolozsvár), Siebenbürgischer Museumsverein: Sitzungsberichte Abt. I, 25, 1—3. II, 25, 1. 2.

Königsberg i. Pr., Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft: Schriften 44.

Kopenhagen, K. Danske Videnscabernes Selskab: Oversigt 1903, Nr. 6. 1904, Nr. 1—5.

— Naturhistorisk Forening: Meddelelser 1904.

— Medicinske Selskab: Forhandlinger 1903/04.

La Haye, Société Hollandaise des Sciences: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles Sér. II. 9, Nr. 1—5. m. Progr. 1904.

Lancaster & New-York, American Mathematical Society: Bulletin Sér. 2 vol. X, 4—10. XI, 1—3. Register 1904.

Landshut, Botanischer Verein: Bericht 17 (1900—03).

La Plata, Facultad de Agronomia y Veterinaria: Revista.

Lausanne, Société Vaudoise des Sciences Naturelles: Bulletin 148. 149. 150. — Procès-verb. zu vol. 40: pag I—XVI. — Observations météorologiques faites à la Station météorologique du Champ de-l'Air. Institute agricole de Lausanne.

Lawrence, Kansas University: Science Bulletin II, Nr. 1—15.

Leipzig, Jablonowskische Gesellschaft: Jahresbericht.

— Naturforschende Gesellschaft: Sitzungsberichte 28. 29, 1901—02.

— Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-Physikal. Klasse: Berichte 1903, Nr. 6. 1904, Nr. 1—4.

— Medizinische Gesellschaft: Berichte. — Verhandlungen 1903.

Linz, Museum Francisco-Carolinum: Jahresbericht 62, 1904 nebst den Beiträgen zur Landeskunde von Österreich o. d. Enns, Liefrg. 56.

London, Nature Nr. 1785—1840.

— Mathematical Society: Proceedings II. Ser. vol. I, Nr. 4—7. vol. II, Nr. 1—4. — List of Members 1903/04. 1904/05.

— Royal Society: Proceedings 487—503. — Transactions Ser. A, vol. 203, p. 43—420. vol. 204, p. 1—219. Ser. B, vol. 196,

p. 295—389. vol. 197, p. 1—360. — List of Members. — Year-Book. — Record. — Reports to the Malaria Committee. — Reports to the Evolution Committee. — Obituary notices of fellows of the Royal Soc. part. I. II. III, 1904. — Internat. Catalogue of scientific literature. Report (7806).

Lüneburg, Naturwissenschaftlicher Verein für das Fürstentum Lüneburg: Jahreshefte 16 (1902—04).

Lüttich, Société Royale des Sciences de Liége: Mémoires 5.

Luxenburg, Institut Grand Ducal, Section des Sciences Natur. Mathém.: Publications 27 (1904).

— Société Botanique du Grand-Duché de Luxembourg: Recueil.

Luzern, Naturforschende Gesellschaft: Mitteilungen IV (1904).

Madison (Wisc.), Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters: Transactions XIII, 2. XIV, 1.

— Wisconsin Geological and Natural History Survey: Bulletin 9—13.

Magdeburg, Naturwissenschaftlicher Verein: Jahresbericht und Abhandlungen 1902—1904.

Mailand, Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere: Rendiconti 36 (1903), Nr. 17—20. 37 (1904), Nr. 1—16.

— Società Italiana di Scienze Naturali: Atti 41, 1—4. 42, 1—4. 43, 1—3. — Memorie.

Manchester, The Manchester Literary & Philosophical Society: Memoirs and proceedings 48 (1903/04), Nr. 1—3. 49 (1905), Nr. 1.

Marburg, Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften: Sitzungsberichte 1903.

Marseille, Faculté des Sciences: Annales.

Melbourne, Royal Geographical Society of Australasia: Transactions.

Meriden, Scientific Association: Transactions.

Mexico, Instituto geológico de México: Boletin. — Parergones I, Nr. 1—5.

Milwaukee (Wisc.), Public Museum of the City: Report 21 (1902/03). 22 (1903/04).

— Natural History Society: Bulletin 8 (1903), Nr. 1—3.

Minneapolis, Geological and Natural Survey of Minnesota: Bulletin. — Report.

Missoula (Montana): Bulletin of the University of Montana. Biological Ser. Nr. 5—8. — Geological Ser. — Annual Report 1902/03. — Announcement May 1904. — Register 1903/04.

Montevideo, Museo Nacional: Anales, Ser. II. 1. — Sección histórico filosófica. Tomo I: Azara, Félixde: Geografia física y esférica de las provincias del Paraguay, y Misiones Guaranies. Anotaciones por Rodolfo R. Schuller. Montevideo 1904.

Moskau, Société Impériale des Naturalistes: Bulletin 1903, Nr. 2—4. 1904, Nr. 1.

München, Gesellschaft für Morphologie und Physiologie: Sitzungsberichte XIX (1903), Nr. 1. 2. XX (1904), Nr. 1.

— Ärztlicher Verein: Sitzungsberichte 13 (1903).

— Wochenschrift für Tierheilkunde und Viehzucht.

München, Deutsche Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte: Korrespondenzblatt 34 (1903), Nr. 11. 12. 35 (1904), Nr. 1—9.

— Ornithologischer Verein: Jahresbericht 3, 1901/02. NB! Von 1903 ab fortges. u. d. Tit.: Verhandlungen der Ornitholog. Gesellschaft in Bayern: 4, 1903 (= Der neuen Folge Bd. 1).

Münster i. W., Westfäl. Provinzial-Verein für Wissenschaft und Kunst: Jahresbericht 28 (1899/1900). 29 (1900/01).

Neapel, Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche (Sezione della Società Reale di Napoli): Rendiconto 42 (Ser. III. vol. 9), Nr. 8—12. 43 (Ser. III. vol. 10), Nr. 1—7.

— Annali di Nevrologia 21 (1903), Nr. 5—6. 22 (1904), Nr. 1—4.

— Zoologische Station: Mitteilungen 16, Nr. 3. 4. 17, Nr. 1. 2.

Neuchâtel: Société des Sciences Naturelles: Bulletin 28 (1899—1900).

New York, Academy of Sciences: Annals. — Memoirs. — Transactions.

— siehe Lancaster.

Nürnberg, Medizinische Gesellschaft u. Poliklinik: Jahresbericht 1903. — Sitzungsberichte 1903.

— Naturhistorische Gesellschaft: Abhandlungen.

— Ärztlicher Lokalverein: Sitzungsberichte.

— Germanisches Nationalmuseum: Anzeiger 1903, Nr. 2—4. 1904, Nr. 2. — Mitteilungen.

Odessa, Société des Naturalistes de la Nouvelle Russie: Mémoires 25 (1903/04), Nr. 1. 2.

Offenbach, Verein für Naturkunde: Bericht.

Osnabrück, Naturwissenschaftlicher Verein: Jahresbericht.

Palermo, Circolo Matematico: Annuario 1904, pag. I—XXIV. — Rendiconti 18 (1904), Nr. 1—6. Dazu: 197—204.

Paris, Société de Biologie: Comptes rendus et Mémoires 1903, Nr. 38. 1904, Nr. 1—37.

— Société Linnéenne: Bulletin.

— Société Zoologique de France: Bulletin 28, Nr. 1—8.

— Société Française de Physique: Ordre du jour Nr. 204—220. — Bulletin 1903: 3. 4. 1904: 1. 2.

Passau, Naturhistorischer Verein: Bericht.

Perugia, Università, Facoltà di medicina: Annali.

Petersburg, Académie des Sciences: Bulletin.

— Hortus Petropolitanus: Acta 19, 1—3. 20. 21, 1. 2. 22, 1. 2. 23, 1. 2.

— Hortus Universitatis: Scripta 19. 20. 21.

— Société des Naturalistes: Section de Botanique, Bulletin. — Comptes rendus 1903, Nr. 6—8. 1904, Nr. 1—7. Travaux 33, 3. — Section de Géologie et de Minéralogie, Travaux. — Section de Zoologie et de Physiologie, Travaux 33, 4. 34, 2.

— Société physico-chimique russe: Journal 35 (1903), Nr. 9. 36 (1904), Nr. 1—8 — Protokoly 1904, Nr. 1—10.

Philadelphia, Academy of Natural Sciences: Proceedings 1903, Nr. 2—3. 1904, Nr. 1.
— College of Physicians: Transactions. Ser. 3, vol. 25.
— Wagner Free Institute of Science: Transactions.
— American Philosophical Society: Proceedings 174—176.
Pisa, Scuola Normale Superiore (Scienze Fisiche e Matematiche): Annali IX.
Prag, Königlich Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften: Jahresbericht 1903. — Sitzungsberichte (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse) 1903.
— Lese- und Redehalle der deutschen Studenten: Bericht.
— Deutscher naturwissenschaftlich-medizinischer Verein für Böhmen „Lotos": Sitzungsberichte.
Regensburg, Naturwissenschaftlicher Verein: Berichte.
Riga, Naturforscher-Verein: Korrespondenzblatt 47. — Arbeiten.
Rio de Janeiro, Museu Nacional: Archivos.
Rochester, Academy of Sciences: Proceedings IV, pag. 137—148.
Rom, Accademia dei Lincei: Rendiconti (Classe di Scienze Fisiche etc.) XII, Sem. II, Nr. 12. XIII, Sem. I, Nr. 1—12. Sem. II, Nr. 1—11. — Rendiconto dell' adunanza solenne 1903. 1904.
— Accademia Medica: Bullettino.
— Gazzetta Chimica Italiana 33 (1903), II, Nr. 5—6. 34 (1904), I, Nr. 1—6. II, Nr. 1—6.
St. Louis, Missouri Botanical Garden: Report.
Salem, Essex Institute: Naturalist. — Bulletin.
San Francisco, California Academy of Sciences: Proceedings.
Santiago (Chile), Société Scientifique du Chile: Actes 12 (1902), Nr. 4. 5. 13 (1903), Nr. 1. 2. 3.
— Deutscher Wissenschaftlicher Verein: Verhandlungen.
Stockholm, Svenska Vetenskaps-Akademie: Bihang. — Handlingar 37 (1903), Nr. 3—8. 38 (1904), Nr. 1—5. — Öfversigt af Förhandlingar. — Entomologiska Förening: Tidskrift 24 (1903), Nr. 1—4. — Arkiv för Botanik 1, 4. 2, 1—4. 3, 1—3. — Arkiv für Matematik, Astronomi och Fysik. — Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi 1, 2. — Arkiv för Zoologi 1, 3—4. — Årsbok 1904.
Straßburg, Gesellschaft der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unterelsaß: Monatsberichte.
Stuttgart, Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg: Jahreshefte 60 (1904) und Beilage.
Thorn, Coppernicus-Verein für Wissenschaft u. Kunst: Mitteilungen XIII. — Jahresbericht. — Boethke, K.: Gesch. des Coppern.-Vereins in dem ersten halben Jahrh. seines Bestehens (1904).
Tokio, Medizinische Fakultät der Kaiserl. Japanischen Universität: Mitteilungen VI, 2.
Toulouse, Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres: Mémoires X, 3. — Bulletin.

Triest, Museo Civico di Storia Naturale: Atti.
— Società Adriatica di Scienze Naturali: Bollettino.
Tufts College (Mass.): Studies 8.
Turin, R. Accademia delle Scienze (Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali): Atti 39 (1904), Nr. 1—15. — Memorie Ser. II, Vol. 54. — Osservazioni Meteorologiche 1903—04.
Ulm, Verein für Mathematik und Naturwissenschaften: Jahreshefte 11 (1903).
Upsala, Läkareförening: Förhandlingar N. F. IX, Nr. 2—8. X, Nr. 1—3.
Utrecht, Provincial Utrechtsch Genootschap: Aanteekeningen. — Verslag.
Washington, National Academy of Sciences: Memoirs.
— Smithsonian Institution: Miscellaneous Collections. — Report 1383. 1385—1390. 1406. — Bulletin of the Philosoph. Society XIV, pag. 233—276.
— Library of the Surgeon Generals Office: Index-Catalogue V—VIII.
— United States Geological Survey: Monographs. — Mineral Resources of the U. S. Calendar Year. — Water-Supply and irrigation Papers Nr. 80—87. — Bulletin 209—217. — Professional Paper Nr. 9. 10. 13—15. — Report.
Wernigerode, Naturwissenschaftl. Verein des Harzes: Schriften.
Wien, Akademie der Wissenschaften (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse): Sitzungsberichte. Abt. I: 111 (1902), Nr. 10. 112 (1903), Nr. 1—3. Abt. IIa: 112 (1903), Nr. 1—6. Abt. IIb: 112 (1903), Nr. 1—6. — Anzeiger 40 (1903), Nr. 25—27. — Mitteilungen d. prähistor. Komm. d. kais. Akad. d. Wiss. — Mitteilungen der Erdbeben-Kommission d. Kais. Akad. d. Wiss. N. F. Nr. 14—21.
— Zoolog.-Botanische Gesellschaft: Verhandlungen 53 Nr. 1—10.
— Naturhistorisches Hofmuseum: Annalen 18 (1903), Nr. 4. 19 (1904), Nr. 1.
— Geologische Reichsanstalt: Jahrbuch 53 (1903), Nr. 2—4. 54 (1904), Nr. 1. — Verhandlungen 1903, Nr. 16—18. 1904. Nr. 1—15.
— Naturwissenschaftl. Verein an der Universität: Mitteilungen 1904, Nr. 1—8.
— Verein zur Verbreit. naturwissenschaftl. Kenntn.: Schriften 42. 43.
Wiesbaden, Nassauischer Verein für Naturkunde: Jahrbücher.
Winterthur, Naturwissenschaftliche Gesellschaft: Mitteilungen, Heft I—V (1897—1904).
Würzburg, Physikal.-Mediz. Gesellschaft: Sitzungsber. 1903, Nr. 1—8. — Verhandlg. 36, Nr. 1—7.
Zürich, Naturforschende Gesellschaft: Neujahrsblatt. — Vierteljahrschrift 48 (1903), Nr. 3. 4. 49 (1904), Nr. 1. 2.
Zwickau, Verein für Naturkunde: Jahresbericht.

B. als Geschenk.

Journal, The Astrophysical —. An International Review of Spectroscopy, ed. by G. E. Hale and Edwin B. Frost. Vol. XIX (1904), Nr. 4. Chicago, The University of Chicago Press.

Results of the Swedish Zoological Expedition to Egypt and the White Nile 1901 under the direction of L. A. Jägerskiöld. Part I. Uppsala 1904. (Gesch. d. k. Universitätsbibliothek Uppsala.)

Elster, J. u. Geitel, H.: Über eine verbesserte Form des Zinkkugelphotometers. (S.-A. aus: Physik. Zeitschr. Jahrg. 5, Nr. 9.)

Elster, J. u. Geitel H.: Über Radioaktivität von Erdarten u. Quellsedimenten. (S.-A. aus: Physik. Zeitschr. Jahrg. 5, Nr. 12.)

Reports, Philadelphia Hospital. vol. 5, 1902. (Gesch. von Dr. Edward Martin, Director, and Geo. W. Sunderland, Assistant Director.)

Fick, Adolf: Gesammelte Schriften. Bd. II. III. Würzburg 1903/04. (Gesch. von Prof. R. Fick in Leipzig.)

Elster, J. u. Geitel, H.: Über Einrichtung und Behandlung der Apparate zur Bestimmung der Radioaktivität von Bodenproben und Quellsedimenten. (S.-A. aus: Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1904, Juli.)

— Über die Radioaktivität der Erdsubstanz als eine der Ursachen des Ionengehaltes der Atmosphäre. (S.-A. aus: Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, June 1904.)

Krakauer, J.: Der Lebertran und seine medizinische Verwendung nach e. Teile des großen Werkes: Cod-Liver-Oil and Chemistry von Dr. Peckel Möller, aus dem Engl. bearbeitet u. mit Ergänzungen versehen. Berlin 1904. (Gesch. des Verlegers Klemm, Berlin.)

XV. Congrès international de Médecine. Lisbonne 19—26. avril 1906. Bulletin Officiel, Nr. 2. 3.

Geitel, H.: Elektrizitätszerstreuung u. Radioaktivität. (S.-A. aus: Jahrbuch der Radioaktivität u. Elektronik [1904].)

Conwentz, H.: Die Gefährdung der Naturdenkmäler u. Vorschläge zu ihrer Erhaltung. Denkschrift. Berlin 1904. (Gesch. des k. pr. Minister. d. geistl., Unterr.- u. Medizinal-Angel.)

Preisausschreiben des Circolo Matematico di Palermo in deutscher, ital., franz., engl. Sprache, vom 1. Nov. 1904. (Guccia-Medaille.)

Klein, J.: Über die Naht der frischen Dammrisse. In: Strassburger Medizin. Zeitung I, 1904, 1.

Lissauer, A.: I. Bericht über die Tätigkeit der von der Deutsch. anthropolog. Gesellsch. gewählten Kommission für prähist. Typenkarten. (S.-A. aus: Zeitschr. f. Ethnologie 1904 Heft 5.)

Archives des sciences biologiques publ. p. l'Institut imp. de Médecine expérim. à St. Petersbourg 10 (1903/04), Nr. 1—5.

Bulletin of the Ayer Clinical Laboratory of the Pennsylvania Hospital Nr. 1 (1903).

Hallock-Greenewalt, Mary: Pulse and Rhythm. Repr. fr. The Popular Science Monthly, Sept. 1903.

Elster, J. u. Geitel, H.: Sur la radioactivité de l'atmosphère et du sol. (S.-A. aus: Archives des sciences phys. et nat. Pér. IV, t. XVII. Jan. 1904 p. 5 ff.)

Lloyd, C. G.: Mycological Notes Nr. 10—14.

Monographs, Cold Spring Harbor: Nr. 1. 2.

Noble, Charles P.: Some of the more usual results of movable kidney. (S.-A.)

Noble, Charles P.: Report of a case of the invasion of a fibromyoma of the uterus by an adenocarcinoma, wich by metaplasia had assumed the appearance of a squamous cell carcinoma. (S.-A.)

— Observations upon gastric, intestinal, and liver surgery in the German clinics. (S.-A.)

— The treatment of fibroid tumors of the uterus. (S.-A.)

— Personal experience in operations upon diabetic patients. (S.-A.)

Orth, J.: Rudolf Virchow. Gedächtnisrede, geh. am 29. Okt. 1902. (S.-A. aus: Berl. Klin. Wochenschr. 1902. Nr. 44.)

— Gedächtnisrede auf Rudolf Virchow, geh. am 6. Nov. 1902. (S.-A. aus: Berl. Klin. Wochenschr. 1903. Nr. 6.)

— Über einige Zeit- u. Streitfragen aus dem Gebiete der Tuberkulose. III. IV. (S.-A. aus: Berl. Klin. Wochenschr. 1903, Nr. 29. 1904, Nr. 11—13.)

— Über die Bedeutung der Erblichkeit für die Pathologie. (S.-A. aus: Berl. Klin. Wochenschr. 1904, Nr. 6.)

— Zur Frage der Disposition bei Tuberkulose. (S.-A. aus: Berl. Klin. Wochenschr. 1904, Nr. 10.)

— [Zur Theorie v. Behrings.] (S.-A. aus: Berl. Klin. Wochenschr. 1904, Nr. 8.)

— Welche morphologischen Veränderungen können durch Tuberkelbazillen erzeugt werden? (Referat.) (Ausschnitt.)

— [Eröffnungsrede bei der 6. Tagung der Deutsch. Patholog. Gesellschaft 1903.] (S.-A. aus: Verhandl. d. Dtsch. Path. Ges. VI, 1903.)

— Über Krankheitsanlagen und ihre Bekämpfung. Vortrag. (S.-A. aus: Blätter f. Volksgesundheitspflege III, 1903, Heft 21.)

Proceedings of the Physical Society of London 19, 1904, Nr. 1—4.

Wochenschrift, Berliner klinisch-therapeutische. 1904, Nr. 4.

Zeitung, Straßburger Medizinische: I (1904), Nr. 1.

Les prix Nobel en 1901. Stockholm 1904.

Sitzungen.

Die physikalisch-medizinische Sozietät hielt vom 1. Januar bis 31. Dezember 1904 acht Sitzungen ab, deren wissenschaftliches Material in dem nachstehenden Verzeichnis aufgeführt und größtenteils in den Abhandlungen und kurzen Mitteilungen dieses Bandes niedergelegt ist.

Verzeichnis der in den Sitzungen gehaltenen Vorträge.

Sitzung am 18. Januar 1904

im hygienisch-bakteriologischen Institut.

W. Rosenthal: Demonstration eines Agglutinationsversuches mit Typhusbakterien und Bemerkungen über die theoretische und praktische Bedeutung des Agglutinationsvorganges.

Diskussion: Hauser, W. Rosenthal, Spuler, Jordis, R. Fuchs.

J. Veit: Über eine Tonfigur aus Veji.

Diskussion: Prof. Dr. H. Bulle, der der Sitzung als Gast beiwohnt, Veit, Hauser, Gerlach.

Sitzung am 22. Februar 1904

im hygienisch-bakteriologischen Institut.

L. Heim: Über das Muzin der Milzbrandbazillen.

Diskussion: G. C. Schmidt, Heim, Spuler, J. Rosenthal, Heller, Jamin, W. Rosenthal.

E. Jordis: Neue Gesichtspunkte zur Theorie der Kolloide.

Diskussion: Gutbier, Jordis.

Sitzung am 8. März 1904

im pathologisch-anatomischen Institut.

H. Schridde: Über den angeborenen Mangel des Wurmfortsatzes beim Menschen.

Diskussion: Spuler, Schridde.

F. Jamin: Über die Atrophie gelähmter Muskeln.

Diskussion: R. Fuchs, W. Rosenthal, Jamin, Spuler, O. Schulz, Gerlach, Gerhardt.

Sitzung am 9. Mai 1904

im zoologischen Institut.

E. Graser und A. Fleischmann: Über Entwicklungsstörungen im Bereich des Urogenitaltraktus.

Diskussion: Gerlach, Fleischmann, Spuler, Graser, Stöckel.

Sitzung am 6. Juni 1904

im chemischen Institut.

F. Henrich: Über Radium und Radioaktivität, mit Demonstrationen und Experimenten.

Diskussion: Hauser, Henrich, Jordis, G. C. Schmidt.

Sitzung am 4. Juli 1904

im pathologisch-anatomischen Institut.

G. Hauser: Über die serodiagnostische Methode für gerichtliche Blutuntersuchungen.

Diskussion: Paal, Spuler, Hauser, Heim, J. Rosenthal, W. Rosenthal, O. Schulz.

Sitzung am 25. Juli 1904

im physiologischen Institut.

E. Jordis: Über die Wirkung mechanischer Kräfte auf Lösungen und Kristalle. Referat über Arbeiten von W. Spring und Lobry de Bruyn.

Diskussion: Spuler, G. C. Schmidt, Henrich, Jordis.

R. F. Fuchs: Experimentelle Untersuchungen über Totenstarre.

Diskussion: Hauser, Seitz, J. Rosenthal, Spuler, Heim, Busch, Fuchs.

Th. Schilling: Über Kompensationsvorgänge in der Niere.

Sitzung am 14. November 1904

im hygienisch-bakteriologischen Institut.

F. Henrich: Untersuchungen über die Thermalquellen von Wiesbaden und deren Radioaktivität.

Diskussion: Gutbier, Jordis, Busch, Spuler, Henrich.

L. Heim: Bakteriologische Untersuchungen von Mineralwässern.

Diskussion: Paal, Spuler, J. Rosenthal, Busch, Jordis, Heim.

BOSTON MEDICAL
JN 26 1911
LIBRARY.

Die Abraham-Lemoinesche Methode zur Messung sehr kleiner Zeitintervalle und ihre Anwendung zur Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit der Entladung in Entladungsröhren.[1]

Von John James.

Aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.

Teil I.

Die Abraham-Lemoinesche Methode zur Messung sehr kleiner Zeitintervalle.

In den Annales de Chimie et de Physique[2]) vom Juni 1900 beschreiben die Herren Abraham und Lemoine unter dem Titel: „Nouvelle methode de mesure de durées infinitésimales. Analyse de la disparition des phénomènes electrooptiques" eine neue Methode zur Messung sehr kleiner Zeitintervalle. In dieser schönen Arbeit zeigen sie, wie in manchen Fällen ein sehr kleines Zeitintervall durch die Länge des während dieser Zeit vom Licht zurückgelegten Weges gemessen werden kann, und finden, daß man auf diese Weise Zeitdauern von $^1/_{100\,000\,000}$ Sek. bestimmen kann. Ihre Methode wenden sie zur Untersuchung zweier Erscheinungen an, nämlich 1. zur Messung der Dauer der Drehung der Polarisationsebene im Magnetfeld in Schwefelkohlenstoff und 2. des Kerrschen Phänomens der Doppelbrechung von Schwefelkohlenstoff im elektrischen Felde. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß

[1]) Daß die Untersuchungen zu einem Abschluß gebracht werden konnten, war durch die frühere Bewilligung von Mitteln aus dem um die Förderung der Wissenschaft so hochverdienten Elisabeth Thompson Fund zur Anschaffung einer großen Influenzmaschine ermöglicht.

[2]) H. Abraham und J. Lemoine, Ann. Chem. Phys. 20, p. 264. 1900.

wahrscheinlich beide Erscheinungen ohne Verzögerung den Änderungen des elektrischen Feldes folgen.

Auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. E. Wiedemann habe ich die Versuchsanordnung der Herren Abraham und Lemoine so umgeändert, daß sie in jedem Laboratorium leicht angewandt werden kann, und nachdem mir dies gelungen, die Richtung und Geschwindigkeit der Entladung in Entladungsröhren zu messen gesucht, um zu ermitteln, ob ich nach dieser ganz abweichenden Méthode dieselben Resultate erhalten würde, wie Herr Professor J. J. Thomson[1]). In einem vorausgehenden theoretischen Teil wird ferner die von den Herren Abraham und Lemoine entwickelte Theorie, welche in ihrer ursprünglichen Fassung mit meinen Beobachtungen nicht übereinstimmte, erweitert und in dieser vollkommeneren Form geprüft.

Die Methode von Abraham und Lemoine.

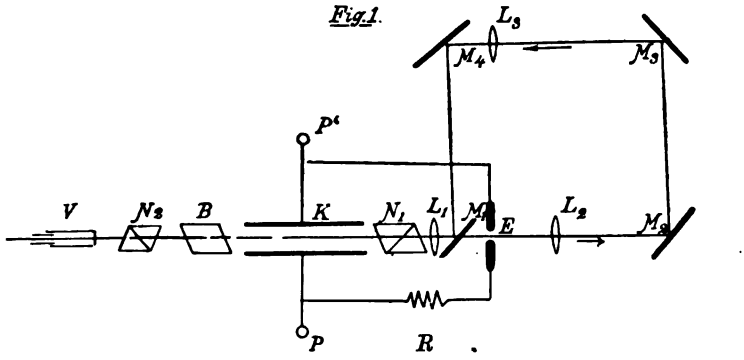
Die Versuchsanordnung von Abraham und Lemoine ist aus Fig. 1 ersichtlich. Sie gibt den horizontalen Durchschnitt durch den vom Licht zurückgelegten Weg.

Die Enden PP' einer Elektrizitätsquelle (Induktorium) sind verbunden 1. mit der Funkenstrecke E, welche aus zwei gut polierten Messingkugeln von 7 mm Durchmesser besteht, und 2. mit dem Kondensator K. Der letztere, welcher eine Kerrsche Zelle darstellt, besteht aus zwei rechtwinkligen, vertikal stehenden Messingplatten, die in Schwefelkohlenstoff tauchen. Da ich im folgenden ausführlich die Form des von mir benutzten Kondensators, welcher im Prinzip nicht von dem von Abraham und Lemoine benutzten abweicht, beschreiben werde, und es zum Verständnis der Methode auf Einzelheiten nicht ankommt, so übergehe ich die Beschreibung desselben. N_1 und N_2 sind zwei Nikols. Die Hauptebene des ersten ist um 45° gegen die Horizontale dauernd festgelegt, während die des zweiten beweglich ist. B ist ein Kalkspat, dessen Hauptebene parallel zu der von N_1 ist. V ist eine Lupe, welche auf eine kleine, zwischen B und K befindliche, quadratische Öffnung eingestellt ist. L_1 und L_2 sind zwei feststehende Kon-

[1]) J. J. Thomson, Recent Researches in Electricity and Magnetism, p. 115—118.

vexlinsen, von 5 bezw. 30 cm Brennweite, welche so aufgestellt sind, daß die Lichtquelle E sich im Brennpunkt derselben befindet. M_1, M_2, M_3 und M_4 sind vier Spiegel; M_1 und M_4 sind fest, M_2 und M_3 beweglich. R ist ein Widerstand.

Springt der Funke zwischen E über, so wird das Licht nach Entfernung des Spiegels M_1 folgenden Weg zurücklegen: von E durch L_1 und N_1, zwischen den geladenen Platten des Kondensators K und schließlich durch B, N_2 und V nach dem Auge. Man sieht so zwei Bilder der kleinen quadratischen Öffnung von im allgemeinen verschiedener Intensität. Durch Drehen von N_2 können beide auf gleiche Helligkeit eingestellt werden. Dies trifft bei zwei symmetrischen Lagen ein; man



mißt nun den Winkel 2α zwischen denselben. Ist dagegen der Kondensator K ungeladen, etwa dadurch, daß man die Verbindung mit der Elektrizitätsquelle unterbricht, so ist der Theorie nach für jede beliebige Lage von N_2 nur ein Bild vorhanden, dessen Intensität beim Drehen von N_2 variiert. [Tatsächlich verschwindet das zweite Bild, welches allerdings in diesem Fall sehr schwach ist, nie ganz.]

Wird nun der Spiegel M_1 in die in Fig. 1 angegebene Lage gebracht, so kann das Licht nicht den direkten Weg L_1 N_1 u. s. w. zurücklegen, sondern es geht erst durch L_2, wird durch M_2 M_3 reflektiert, geht durch die Linse L_3, wird wieder durch die Spiegel M_4 M_1 reflektiert und gelangt schließlich in das Auge durch L_1 N_1 u. s. w. Das Licht jedes Funkens kann so um ein beliebiges Zeitintervall verzögert werden, bevor es

zum Kondensator gelangt. Es kann nun bewiesen werden, daß der Winkel 2α einem Mittelwert der Doppelbrechung im Kondensator während der Dauer des Lichtdurchgangs entspricht. Der Winkel ist am größten für direktes Licht, nimmt ab, wenn die Verzögerung zunimmt, um schließlich zu verschwinden, wenn der Kondensator entladen ist, d. h. es ist dann nur ein Bild vorhanden. Die Herren Abraham und Lemoine fanden, daß bei der von ihnen gerade getroffenen Anordnung das Feld bei einer Verzögerung, die 4 m entspricht, verschwand. Mit Hilfe dieser neuen Methode gelangten sie zu den wichtigen, oben erwähnten Ergebnissen.

Als Elektrizitätsquelle benutzten Abraham und Lemoine eine große Wechselstrommaschine und einen Transformator. Um die Versuche zu vereinfachen, habe ich die Wechselstrommaschine und den großen Transformator durch einen kleinen Induktionsapparat oder eine Influenzmaschine ersetzt. Es erhebt sich die Frage: Wie müssen die einzelnen Teile des Apparats, wie Widerstand, Kapazität und Selbstinduktion angeordnet werden, um gute Resultate zu erhalten? Um diese Fragen zu beantworten, habe ich die Theorie des Apparats entwickelt.

Theorie.

Wir wollen untersuchen:

I. die Beziehung zwischen der Doppelbrechung und dem durch das Nikol N_2 bestimmten Winkel, d. h. beweisen, daß der Winkel 2α (S. 3) einen Mittelwert für die Doppelbrechung φ, gemessen durch den Phasenunterschied der extraordinären und ordinären Strahlen, darstellt;

II. die Beziehung zwischen Q, der Elektrizitätsmenge auf der Kondensatorplatte in einem gegebenen Augenblick, und der Zeit;

III. die Beziehung zwischen φ, dem Betrag der Doppelbrechung im Kondensator, und der Zeit.

I. Wir wollen beweisen, daß 2α einem Mittelwert für φ während des Funkenübergangs entspricht[1]).

Wir wählen als Koordinatenachsen (1) eine Gerade durch

[1]) Siehe Abraham und Lemoine l. c.

die Mitte von K (Fig. 1) und senkrecht zu seinen Platten, mit anderen Worten eine Kraftlinie als x-Achse und (2) die Senkrechte durch denselben Punkt als y-Achse. Das aus N_1 austretende Licht kann dann in zwei Komponenten zerlegt werden

$$x = \mathrm{a} \sin \omega \, \mathrm{t}$$
$$y = \mathrm{b} \sin \omega \, \mathrm{t}.$$

Der geladene Kondensator wirkt wie ein positiver, einachsiger Kristall[1]), dessen optische Achse mit der Richtung der x-Achse zusammenfällt. Die Komponenten werden daher, nachdem sie K verlassen haben, übergehen in

$$x = \mathrm{a} \sin (\omega \, \mathrm{t} + \varphi)$$
$$y = \mathrm{b} \sin \omega \, \mathrm{t}.$$

Der Kalkspat liefert zwei Schwingungen, deren Ebenen 45^0 mit Ox und Oy bilden, und die daher dargestellt werden können durch

$$x' = \frac{\mathrm{a}}{\sqrt{2}} \sin (\omega \, \mathrm{t} + \varphi) - \frac{\mathrm{b}}{\sqrt{2}} \sin \omega \, \mathrm{t}$$
$$= \frac{\mathrm{a}}{\sqrt{2}} \sin \varphi \cdot \cos \omega \, \mathrm{t} + \frac{\mathrm{a} \cos \varphi - \mathrm{b}}{\sqrt{2}} \sin \omega \, \mathrm{t}$$

und

$$y' = \frac{\mathrm{a}}{\sqrt{2}} \sin (\omega \, \mathrm{t} + \varphi) + \frac{\mathrm{b}}{\sqrt{2}} \sin \omega \, \mathrm{t}$$
$$= \frac{\mathrm{a}}{\sqrt{2}} \sin \varphi \cdot \cos \omega \, \mathrm{t} + \frac{\mathrm{a} \cos \varphi + \mathrm{b}}{\sqrt{2}} \sin \omega \, \mathrm{t}.$$

Wenn die Hauptebene des Nikols N_2 einen rechten Winkel mit Ox_1 bildet und wir den Winkel zwischen Ox_1 und $Ox' = \alpha$ setzen (wo Ox' einen Winkel von 45^0 mit Ox bildet), so können wir die beiden Bilder, welche durch das Nikol hindurchgehen und daher ins Auge gelangen, darstellen durch

$$X = \frac{\mathrm{a}}{\sqrt{2}} \sin \varphi \cos \alpha \cdot \cos \omega \, \mathrm{t} + \frac{\mathrm{a} \cos \varphi - \mathrm{b}}{\sqrt{2}} \cos \alpha \cdot \sin \omega \, \mathrm{t}$$

und

$$Y = \frac{\mathrm{a}}{\sqrt{2}} \sin \varphi \sin \alpha \cdot \cos \omega \, \mathrm{t} + \frac{\mathrm{a} \cos \varphi + \mathrm{b}}{\sqrt{2}} \sin \alpha \cdot \sin \omega \, \mathrm{t}.$$

Da Schwefelkohlenstoff im sichtbaren Teil[2]) des Spektrums — und nur dieser kommt für uns in Betracht — nichts ab-

---

[1]) Phil. Mag. [V] 8, S. 91.

[2]) J. Pauer, Wied. Anm. 61, S. 376. 1897.

sorbiert, so dürfen wir in den obigen Gleichungen $b = a$ setzen und erhalten

$$X = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin\varphi \cos\alpha \cdot \cos\omega t - \sqrt{2}\, a \sin^2\frac{\varphi}{2} \cos\alpha \cdot \sin\omega t$$

$$= \sqrt{2}\, a \sin\frac{\varphi}{2} \cos\alpha \left\{ \cos\frac{\varphi}{2} \cos\omega t - \sin\frac{\varphi}{2} \sin\omega t \right\}$$

$$= \sqrt{2}\, a \sin\frac{\varphi}{2} \cos\alpha \cos\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right)$$

und $$Y = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin\varphi \sin\alpha \cdot \cos\omega t + \sqrt{2}\, a \cos^2\frac{\varphi}{2} \sin\alpha \cdot \sin\omega t$$

$$= \sqrt{2}\, a \cos\frac{\varphi}{2} \sin\alpha \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Dauert nun der Funke so kurze Zeit, daß man die Phasendifferenz während seines Durchgangs durch K als konstant betrachten kann, so sind die beiden Bilder gleich hell, wenn

$$\operatorname{tg}^2\alpha = \operatorname{tg}^2\frac{\varphi}{2}$$

oder $$\alpha = \pm\frac{\varphi}{2},$$

d. h. unter dieser Voraussetzung mißt der Winkel 2α des Nikols N_2 in dem Augenblick die Doppelbrechung φ, in dem der Funke durch den Kondensator hindurchgeht.

Dauert der Funke eine Zeit Θ, und rechnen wir die Zeit von dem Augenblick, wo das Licht durch das Gefäß hindurchzugehen beginnt, dann sind die Intensitäten der beiden durch einen Funken hervorgerufenen Bilder, welche zum Auge gelangen, proportional

$$\int_0^\Theta a^2 \cos^2\alpha \sin^2\frac{\varphi}{2}\, dt = \cos^2\alpha \int_0^\Theta a^2 \sin^2\frac{\varphi}{2}\, dt$$

und $$\int_0^\Theta a^2 \sin^2\alpha \cos^2\frac{\varphi}{2}\, dt, \text{ bez.} = \sin^2\alpha \int_0^\Theta a^2 \cos^2\frac{\varphi}{2}\, dt.$$

Diese sind gleich, wenn

$$\frac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha} \equiv \operatorname{tg}^2\alpha = \frac{\int_0^\Theta a^2 \sin^2\frac{\varphi}{2}\, dt}{\int_0^\Theta a^2 \cos^2\frac{\varphi}{2}\, dt},$$

oder $$\sin^2 \alpha = \frac{\int_0^\Theta a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}\, dt}{\int_0^\Theta a^2\, dt}.$$

Sind G und K die größten bez. kleinsten Werte von $\sin^2 \frac{\varphi}{2}$ in dem Intervall o bis Θ, so sind sowohl $\left(G - \sin^2 \frac{\varphi}{2}\right)$ und $\left(\sin^2 \frac{\varphi}{2} - K\right)$ als auch $\left(a^2 G - a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}\right)$ und $\left(a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} - a^2 K\right)$ stets positiv.

Folglich ist

$$\int_0^\Theta \left(a^2 G - a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}\right) dt > 0, \quad \int_0^\Theta \left(a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} - a^2 K\right) dt > 0,$$

denn jedes einzelne Glied ist positiv, folglich ist dasselbe mit den Summen selbst und ihren Grenzwerten der Fall.

Wir haben also

$$G \int_0^\Theta a^2\, dt > \int_0^\Theta a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}\, dt > K \int_0^\Theta a^2\, dt.$$

Zwischen G und K liegt daher irgend ein Wert M derart, daß $\int_0^\Theta a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}\, dt = M \cdot \int_0^\Theta a^2\, dt$.

Und da $\sin^2 \frac{\varphi}{2}$, indem es vom Werte K zum Werte G übergeht, kontinuierlich ist, so muß es durch den mittleren Wert M mindestens einmal gehen.

Ist φ_m der entsprechende Wert von φ, so ist

$$\int_0^\Theta a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}\, dt = \sin^2 \frac{\varphi_m}{2} \int_0^\Theta a^2\, dt.$$

Folglich ist

$$\sin^2 \alpha = \frac{\int_0^\Theta a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}\, dt}{\int_0^\Theta a^2\, dt} = \frac{\sin^2 \frac{\varphi_m}{2} \int_0^\Theta a^2\, dt}{\int_0^\Theta a^2\, dt} = \sin^2 \frac{\varphi_m}{2}$$

oder $$\alpha = \frac{\varphi_m}{2}.$$ [1])

[1]) Den letzten Teil dieses Beweises verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Walker in Oxford.

Der Winkel 2α gibt daher während des Lichtdurchgangs einen Mittelwert zwischen dem größten und kleinsten Wert der Phase.

Erwähnt mag noch werden, daß, obwohl uns die Methode nicht φ absolut zu bestimmen erlaubt, sie trotzdem anzeigt, wann φ Null wird, d. h. den Augenblick angibt, wo Kerrs Phänomen verschwindet; denn mag auch der Funke noch so lange währen, wenn $\varphi = 0$, so ist doch nur ein Bild vorhanden.

II. Es soll jetzt die Beziehung zwischen Q, der Menge Elektrizität auf einer Kondensatorplatte in einem gegebenen Augenblick, und der Zeit abgeleitet werden.

Aus Fig. 1 geht hervor, daß die elektrische Anordnung des Apparates aus einem Schließungskreis besteht, welcher einen Kondensator, einen Widerstand und eine Funkenstrecke enthält, sowie aus den Drähten, welche die Elektrizität von der Influenzmaschine oder dem Induktorium zum Kondensator zuführen. Wird nun zwischen Kondensator und Influenzmaschine noch eine kleine sekundäre Funkenstrecke eingeschaltet, so kann man auf die Entladung der Elektrizität im ersteren Kreis Lord Kelvins[1]) Theorie anwenden; denn der kleine sekundäre Funke sollte bewirken, daß die Selbstinduktion und Kapazität des Induktors in die Gleichungen nicht eingehen; beide dienen nur dazu, Elektrizität zu liefern.

Sei L die Selbstinduktion, R der Widerstand des einfachen Schließungskreises, C die Kapazität des Kondensators, so gilt die Gleichung

$$L\frac{d^2Q}{dt^2} + R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0.$$

Strenge genommen gilt diese Gleichung natürlich nur für einen geschlossenen Kreis.

Je nachdem $R^2 < \frac{4L}{C}$ oder $> \frac{4L}{C}$ ist, ist die Auflösung verschieden. Wir beschränken uns auf den ersten Fall, welcher

[1]) Lord Kelvin (W. Thomson), Phil. Mag. [IV] 5, p. 393. 1855.

allein Oszillationen gibt. Wir werden später sehen, daß die tatsächlich benutzten L, R und C der Bedingung

$$R^2 < \frac{4L}{C}$$

genügten.

Die Lösung der Gleichung ist

$$Q = A\, e^{-\frac{R}{2L}t} \cos\left\{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}\right)^{1/2} t + a\right\}, \quad . \quad 1.$$

wo Q die elektrische Ladung auf der Platte, A und a Konstanten bedeuten.

Ist für $t = 0$ $Q = Q_1$, dann ist $Q_1 = A \cos a$.

Q ist ein Maximum bez. ein Minimum, wenn

$$-\frac{AR}{2L} e^{-\frac{R}{2L}t} \cos(kt + a) - Ak\, e^{-\frac{R}{2L}t} \sin(kt + a) = 0,$$

wo $k \equiv \left\{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}\right\}^{1/2}$; . . . . . 2.

so daß entweder

a) $e^{-\frac{R}{2L}t} = 0$, woraus $t = \infty$

oder b) $\operatorname{tg}(kt + a) = -\frac{R}{2Lk}$.

Wir wollen annehmen, daß Q ein Maximum sei ($= Q_1$) für $t = 0$. Dann ist

$$\operatorname{tg} a = -\frac{R}{2Lk} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2a.$$

Q ist dann wieder ein Max. oder Min., wenn $kt + a = \pi + a$, i.e. $t = \frac{\pi}{k}$,

„ „ „ drittens „ „ „ „ „ $kt + a = 2\pi + a$, i.e. $t = \frac{2\pi}{k}$,

„ „ „ viertens „ „ „ „ „ $kt + a = 3\pi + a$, i.e. $t = \frac{3\pi}{k}$,

u. s. w.

Die Ladungen der Platte in diesen Zeitpunkten sind beziehungsweise

$$+Q_1,\ -Q_1 e^{-\frac{R}{2L}\cdot\frac{\pi}{k}},\ +Q_1 e^{-\frac{R}{2L}\cdot\frac{2\pi}{k}},\ \text{u. s. w.}$$

Da $e^{-\frac{R}{2L}t}$ nicht $= 0$, und natürlich A nicht $= 0$ ist, so ist $Q = 0$, wenn

$$kt + a = \frac{\pi}{2}, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi, \ldots$$

$$t = \frac{\frac{\pi}{2} - a}{k}, \frac{\frac{3\pi}{2} - a}{k}, \ldots\ldots \text{u. s. w.}$$

Ist a ein spitzer Winkel oder ganz allgemein $= n\pi + a_0$, so ändert sich nur die Reihenfolge der Werte von t, für die Q verschwindet. Konstruieren wir die Kurve, so erhalten wir die in Fig. 2 ausgezogene Kurve, in der jeder Teilstrich $\frac{\pi}{4k}$, d. h. $^1/_8$ der Periode entspricht.

Tatsächlich ist

$$O\,t_1 = \frac{\frac{\pi}{2} - a}{k}$$

$$O\,t_2 = \frac{\pi}{k}$$

$$O\,t_3 = \frac{\frac{3\pi}{2} - a}{k}$$

$$O\,t_4 = \frac{2\pi}{k} \quad \text{u. s. w.}$$

} 2b.

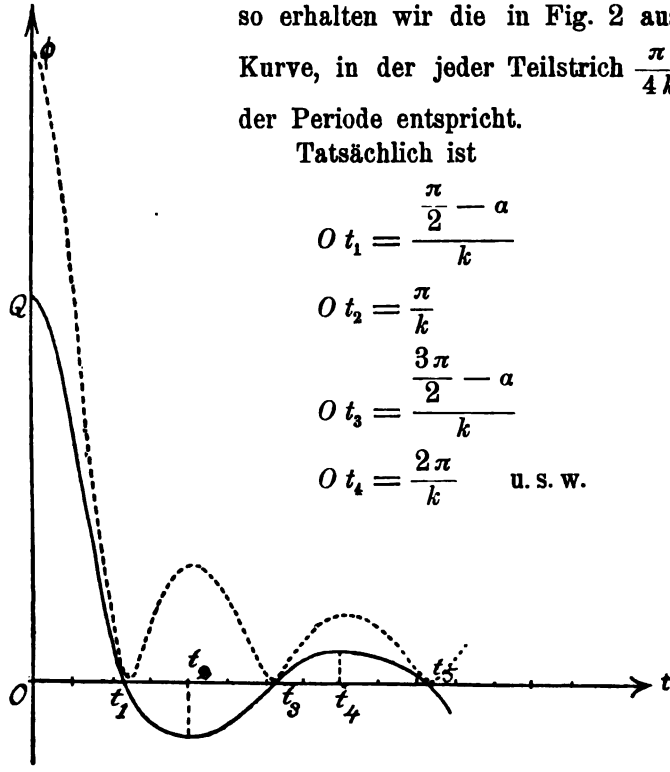


Fig. 2.

III. Die Beziehung zwischen φ und der Zeit.

Nachdem wir eine Beziehung zwischen der Ladung Q auf der Platte und der Zeit abgeleitet haben, soll im folgenden φ als Funktion der Zeit ermittelt werden.

Wir gehen zu dem Zweck aus von dem von Kerr[1]) entdeckten Gesetz:

Die Differenz der Verzögerungen des ordentlichen und außerordentlichen Strahls ist dem Quadrat der wirkenden elektrischen Kraft proportional oder, als Gleichung ausgedrückt,

$$\varphi = B\frac{Q^2}{d^2}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3.$$

wo Q die Ladung der Platten, d die Entfernung zwischen ihnen und B eine Konstante bedeuten.

Die neuesten Beobachtungen[2]) haben das Kerrsche Gesetz, welches von einigen Forschern (z. B. Quincke) für einzelne Fälle angegriffen worden ist, bestätigt. B hängt stark von der Temperatur ab. Bei meinen Versuchen war die Temperatur nahezu konstant $= 16^0$ C.

Nehmen wir an, daß das Kerrsche Phänomen augenblicklich den Änderungen des Feldes folgt, und vereinigen wir die beiden Gleichungen 1. und 3. miteinander, so erhalten wir die Beziehung

$$\varphi = a\, e^{-\frac{Rt}{L}} \cos^2(kt + \alpha), \quad \ldots\ldots \quad 4.$$

also eine Beziehung zwischen φ und t.

Um diese φ als Funktion von t darstellende Kurve in bezug auf ihre Konvexität und Konkavität zu untersuchen, differentiieren wir sie zweimal und erhalten

$$\frac{1}{a}\cdot\frac{d^2\varphi}{dt^2} = e^{-\frac{Rt}{L}}\left\{-2k^2\cos 2(kt+\alpha) + 2(-k)\sin 2(kt+\alpha)\left(-\frac{R}{L}\right) + \frac{R^2}{L^2}\cos^2(kt+\alpha)\right\}.$$

Nun ist $e^{-\frac{Rt}{L}}$ stets positiv; wir müssen daher untersuchen, ob

$$\frac{2Rk}{L}\sin 2(kt+\alpha) + \frac{R^2}{L^2}\cos^2(kt+\alpha) - 2k^2\cos 2(kt+\alpha)$$

oder

---

[1]) Kerr, Phil. Mag. [5] 9, p. 156.

[2]) W. Schmidt, Inaug.-Dissert., Göttingen 1901.

$$\frac{2k^2 \operatorname{tg}^2(kt+a) + \frac{4Rk}{L} \operatorname{tg}(kt+a) + \frac{3R^2}{2L^2} - \frac{2}{LC}}{1+\operatorname{tg}^2(kt+a)} \quad \ldots 5.$$

positiv oder negativ ist.

Fall I. $t = 0$.

$$\operatorname{tg} a = -\frac{R}{2Lk}.$$

Der Wert des obigen Zählers ist in diesem Fall

$$2k^2 \cdot \frac{R^2}{4L^2k^2} + \frac{4Rk}{L}\left(-\frac{R}{2Lk}\right) + \frac{3R^2}{2L^2} - \frac{2}{LC} = \frac{-2}{LC}$$

und des Nenners

$$1+\operatorname{tg}^2 a = \frac{4L}{4L-CR^2}.$$

Daher ist der Wert des obigen Bruchs

$$-\frac{2}{LC}\left(\frac{4L-CR^2}{4L}\right) = -\frac{1}{2L^2}\left\{\frac{4L}{C} - R^2\right\}$$

stets negativ. Zur Zeit $t = 0$ ist die Kurve daher konkav zur t-Achse.

Fall II. $(kt+a) = \frac{\pi}{2}$.

Nach dem Vorhergehenden läßt sich leicht berechnen, daß der Wert des Bruchs (Gleich. 5) für diesen Fall $= 2k^2$, und daß er daher positiv ist. Die Kurve ist daher konvex im Punkte t_1 (Fig. 2).

Die Maxima und Minima ergeben sich aus

$$\frac{1}{a}\frac{d\varphi}{dt} = e^{-\frac{Rt}{L}} \cos(kt+a)\left[-\frac{R}{L}\cos(kt+a) - 2k\sin(kt+a)\right] = 0,$$

woraus folgt A) $e^{-\frac{Rt}{L}} = 0$; $t = \infty$,

oder B) $\cos(kt+a) = 0$; $kt+a = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \ldots$.

oder C) $\operatorname{tg}(kt+a) = -\frac{R}{2kL}$.

Aus B) folgt, daß Maxima und Minima bei den Punkten t_1, t_3, t_5 ... der Fig. 2 auftreten; in der Tat sind hier die Minima.

Gleichung C) gibt uns die Maxima der (φ, t) Kurve; sie haben die entsprechende Lage wie die Maxima bez. Minima auf der (Q, t) Kurve (siehe Fig. 2).

Diese drei Gleichungen A., B. und C. geben alle vorhandenen Maxima und Minima, und daher liegen keine Maxima noch Minima zwischen 0 und t_1.

Die Wendepunkte ergeben sich aus 5. oder

$$2k^2 \operatorname{tg}^2(kt+a) + \frac{4Rk}{L} \operatorname{tg}(kt+a) + \frac{3R^2}{2L^2} - \frac{2}{LC} = 0, \quad . \quad 6.$$

da

$$1 + \operatorname{tg}^2(kt+a)$$

einen endlichen Wert hat wegen

$$0 > kt + a < \frac{\pi}{2}.$$

Aus 6. folgt

$$\operatorname{tg}(kt+a) = \frac{R}{kL}\left\{-1 \pm \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{L}{R^2 C}}\right\},$$

oder

$$\operatorname{tg} kt = \frac{\frac{R}{2kL}\left\{-\frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{L}{R^2 C}}\right\}}{1 - \frac{R^2}{2k^2L^2}\left\{1 \pm \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{L}{R^2 C}}\right\}}. \quad . \quad . \quad 7.$$

Die positiven Vorzeichen im Zähler entsprechen den positiven im Nenner. Dasselbe gilt von den negativen.

Die allgemeine Form der (φ, t) Kurve zeigt auf Grund der obigen Betrachtungen die beistehende Figur (2); jeder Teilstrich der t-Achse entspricht $\frac{\pi}{4k}$; die Punkte t_1, t_2, t_3 . . . entsprechen den Gleichungen 2b. Der Maßstab der φ-Achse ist willkürlich. Hinzugefügt ist noch die (Q, t) Kurve.

Wie sich aus den Beobachtungen später ergeben wird, sind bei der von mir gewählten Anordnung die Ordinaten rechts von t_1 so klein, daß sie nicht gemessen werden konnten. Die Schwingungen waren so stark gedämpft, daß jenseits t_1 das Kerrsche Phänomen nicht beobachtet werden konnte.

Die obigen Resultate über die Beziehung zwischen Doppelbrechung und Zeit oder, was dasselbe ist, die Form der (φ, t) Kurve weichen von den Ergebnissen der Herren Abraham und Lemoine ab, deren (φ, t) Kurven alle konkav zur t-Achse sind. Die unten mitgeteilten Versuche bestätigen die Richtigkeit meiner Theorie.

Beschreibung der Apparate.

Aus der Formel (4)

$$\varphi = a\, e^{-\frac{Rt}{L}}\, Cos^2\, (kt + \alpha)$$

wo R der Widerstand, L die Selbstinduktion, $k \equiv \left\{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}\right\}^{1/2}$ (siehe Formel 2) und C die Kapazität bedeuten, folgt, daß die zu beobachtenden Erscheinungen im wesentlichen von diesen Größen abhängen. Durch eine große Reihe von Versuchen habe ich die Beziehung zwischen denselben und der Dauer der Doppelbrechung zu ermitteln gesucht.

Die Apparate wurden anfangs genau in der von Herren Abraham und Lemoine beschriebenen Weise aufgebaut (Fig. 1). Dieselben bestehen im wesentlichen aus (1) einer optischen Bank, (2) dem Kondensator, (3) den Spiegeln und (4) der Funkenstrecke.

1. Die optische Bank.

Herr Professor Dr. Lenk war so gütig, mir eine Fuesssche optische Bank für die Projektion der Erscheinungen der chromatischen Polarisation zu überlassen. Dieselbe war aus Messing angefertigt, ungefähr 70 cm lang und 40 cm hoch; auf ihr waren eine Reihe von Stativen, Klammern u. s. w. beweglich angeordnet, die sich sehr bequem zur Befestigung von N_1, K, B und N_2 (Fig. 1) verwenden ließen. N_2 ließ sich leicht bewegen, und zwar nicht nur in Richtung des Lichtwegs, sondern auch senkrecht zu demselben, also horizontal und vertikal. Der Kondensator K, welcher mittelst eines höheren Stativs auf dem Metallträger befestigt war, konnte um die vertikale Achse gedreht werden. Das Nikol N_1, ein außerordentlich schönes Exemplar, gehörte ebenfalls Herrn Prof. Lenk, dem ich für die Überlassung zu großem Dank verpflichtet bin. Die Linse L_1 wurde mit Klebwachs befestigt. Der Kalkspat B stammte aus einer dichroïtischen Lupe; die Öffnung (s. S. 2) war ein kleines Quadrat von 2,5 mm Seite. Als Lupe V wurde ein kleines Teleskop benutzt, welches auf die Öffnung eingestellt wurde. Um die bei dem Nikol N_2 angebrachte Kreisteilung bequem abzulesen, wurde ein kleines Fernrohr wie bei dem Wildschen Polarisationsapparat benutzt. Die optische Bank befand sich auf einem

Tisch, so daß der Lichtstrahl ungefähr 140 cm oberhalb des Erdbodens verlief.

2. Die Spiegel: Die Spiegel, Linsen u. s. w. befanden sich auf einem langen festaufgestellten Tisch. Die Spiegel wurden in folgender Weise eingestellt. Auf ein rechtwinkliges Stück Holz von 15 cm Länge und Breite und 5 cm Höhe wurde mittelst Klebwachs eine Glasplatte befestigt. Auf einer zweiten Glasplatte, die auf der ersten ruhte, wurden drei kleine, messingene Unterlegscheiben befestigt, in die drei Schrauben, welche durch ein dreieckiges Stück Metallblech hindurchgingen, paßten. Auf das letztere war ein Rahmen aus Zinn angelötet, in welches der Spiegel paßte. Dadurch, daß man die zweite Glasplatte auf der ersten bewegte, konnte man das Licht in jede beliebige horizontale Richtung werfen. Mit Hilfe der Schrauben wurde die feinere Einstellung bewirkt.

Die Linse L_3 erhielt eine solche Lage, daß das hindurchgegangene Licht nach der Reflexion am Spiegel M_4 in einem Punkt vereinigt wurde, der gerade so weit vor den Spiegel M_1 lag, als die Funkenstrecke sich hinter ihm befand; der Spiegel M_1 konnte infolgedessen sehr schmal gewählt werden. Es war dies auch insofern nötig, als der zur Verfügung stehende Raum wegen der Nachbarschaft der Linse und Funkenstrecke sehr beschränkt war.

3. Der Kondensator unterschied sich nicht wesentlich von dem von Abraham und Lemoine benutzten. Er bestand aus einem zylindrischen Glasrohr von 23,5 cm Länge und 8 cm Durchmesser, dessen Enden umgekröpft und abgeschliffen waren. Auf die letzteren waren ebene Spiegelglasplatten mittelst Hausenblase gekittet. In der Mitte befand sich ein kleines Rohr zum Einfüllen des Schwefelkohlenstoffs. Seitwärts waren zwei Röhren angeblasen, durch die die Leitungsdrähte führten, welche zur Ladung der Platten dienten. Zum Befestigen der Leitungsdrähte dienten Gummischläuche.

Die Kondensatorplatten bestanden aus Messing und waren 21 cm lang, 3 cm hoch und 1,5 mm dick. Ihre Entfernung voneinander betrug 3 mm. Zum Befestigen derselben waren vier schwach gekrümmte messingene durchlöcherte Streifen angelötet. Durch die Öffnungen konnten kleine Glasstäbe, auf denen Schraubengewinde angekittet waren, hindurchgesteckt werden.

Mittelst Schrauben wurden die Platten schließlich in die richtige Lage gebracht und die Entfernung der Platten voneinander nach Belieben geändert.

Daß die Gefäße vor dem Gebrauch sorgfältigst gereinigt und der Schwefelkohlenstoff häufig frisch überdestilliert wurde, versteht sich wohl von selbst. Erwähnt mag noch werden, daß, um die Zersetzung des Schwefelkohlenstoffs durch das Licht möglichst zu vermeiden, das ganze Gefäß in schwarzes Papier gehüllt war, welches nur an den beiden Endplatten für den Lichtdurchgang kleine Öffnungen enthielt. Das Glasgefäß war von Herrn M. Stuhl in Berlin, die Kondensatorplatten nebst dem Zubehör waren in äußerst sorgfältiger Weise von dem hiesigen Institutsmechaniker Herrn Böhner angefertigt.

4. Elektrizitätsquellen. Als solche dienten Induktorien und Influenzmaschinen.

5. Die Funkenstrecke bestand aus mit Ebonitgriffen versehenen Metallstäben, in denen mittelst Schrauben 1. Spitzen aus Kadmium, 2. Spitzen aus Messing, 3. schwach gekrümmte Messingstäbe und 4. Messingkugeln befestigt werden konnten. Die Länge der Funkenstrecke konnte beliebig geändert werden.

Versuche.

Eine erste Reihe von Versuchen wurden mit dem **Induktorium** angestellt.

Nachdem der optische Teil des Apparats auf das sorgfältigste aufgestellt war, erhob sich bei Beginn der Versuche die Schwierigkeit, zu ermitteln, wie die Herren Abraham und Lemoine ihren Schließungskreis angeordnet hatten. In ihrer Abhandlung erwähnen sie „einen Widerstand von der Größenordnung eines Ohms“, ferner „zwei 2 cm lange $CuSO_4$-Röhrchen“, welche sich im Schließungskreis befanden, aber über die Größe des Widerstands der letzteren, ob der Strom zwischen Platten in der $CuSO_4$-Lösung oder zwischen den Enden der Zuleitungsdrähte überging, ferner an welcher Stelle diese eingeschaltet waren, fehlen Angaben. Bei Benutzung des Induktoriums gelang es mir nicht, das Kerrsche Phänomen zum Verschwinden zu bringen, trotzdem die Funkenstrecke mannigfach variiert, verschiedene Induktorien benutzt und die

Stromstärke geändert wurden. Häufig war der Winkel für eine Verzögerung von 200 cm ebensogroß, ja sogar manchmal größer als für direktes Licht. Bei Beginn der Versuche änderte der Winkel sich innerhalb fünf Minuten häufig ganz willkürlich.

Darauf wurde ein Wechselstrom und eine sehr große sekundäre Spule angewandt und der Funke, wie es Abraham und Lemoine getan, durch Blasen auseinandergelegt. Mittelst eines Turbinen- und Wehneltunterbrechers wurde die Zahl der Wechsel von 35 bis 1200 gesteigert; aber auch so gelang es nicht, das Kerrsche Phänomen selbst für eine Verzögerung von 650 cm zum Verschwinden zu bringen. Je größer die Zahl der Unterbrechungen war, desto heller war das Licht; die Messungen ließen sich jetzt leichter ausführen, aber in anderer Hinsicht war kein Vorteil zu erkennen.

Trotz der in dieser Hinsicht negativen Resultate zeigten die erhaltenen Kurven doch eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den oben abgeleiteten theoretischen Ergebnissen, insofern sie nämlich alle konvex zur t-Achse waren, im Gegensatz zu den von den Herren Abraham und Lemoine mitgeteilten. Unter diesen Umständen blieb nichts übrig, als systematisch den Einfluß der Selbstinduktion, Widerstand und Kapazität zu untersuchen; ich hegte die Hoffnung, daß es hierbei vielleicht gelingen würde, die Fehlerquelle zu entdecken.

Als Beispiel dafür, daß die Kurven konvex waren, teile ich die folgenden Beobachtungen mit. Die Schaltung war die folgende: Vom Induktorium führten die Leitungsdrähte durch einen Widerstand zur Kondensatorplatte; zwischen Widerstand und Induktorium war parallel mit dem Kondensator noch eine Funkenstrecke geschaltet. In einem ersten Fall bestand der Widerstand aus je zwei 40 cm langen gesättigten $CuSO_4$-Lösungen zwischen zirka 2 cm breiten Cu-Elektroden; in einem zweiten Fall waren die $CuSO_4$-Schichten nur 35 cm lang, also 35 cm in jedem Zweig. In der folgenden Tabelle bedeutet V die Verzögerung des in die Richtung $M_2\ M_3\ M_4\ M_1$ gehenden Lichtstrahles.

Fall a. Widerstand = 80 cm $CuSO_4$.

	Direktes Licht	V 138 cm	V 230 cm	V 336 cm	V 476 cm	V 676 cm
	148°,1 121°,2	142°,6 125°,7	139°,1 128°,3	136°,5 131°,1	136°,8 132°,3	136°,0 132°,3
$\varphi = 2\alpha$	26°,9	16°,9	10°,8	5°,4	4°,5	3°,7

Fall b. Widerstand = 70 cm $CuSO_4$.

	146°,5 121°,4	140°,0 126°,7	141°,0 129°,4	138°,8 131°,2	136°,9 131°,4	137°,6 133°,4
$\varphi = 2\alpha$	25°,1	13°,3	11°,6	7°,6	5°,5	4°,2

Trägt man die Zeit als Abscisse, die Werte von φ als Ordinate auf, so erhält man bei beiden Versuchsreihen eine Kurve, die bei kleinen t erst konkav zur t-Achse ist, dann schnell fällt und nachher beinahe parallel zur t-Achse verläuft. Die Form der Kurven ist beinahe identisch mit Fig. 4.

Es wurden nun eine große Anzahl von Beobachtungsreihen mit variablen L, R und C angestellt, wobei die Widerstände, Kapazitäten und Selbstinduktion an den verschiedensten Stellen des Schließungskreises eingeschaltet wurden. Die Ergebnisse bestätigten die oben gegebene Theorie durchweg. Trotzdem verzichte ich darauf, meine Zahlen mitzuteilen, da es mir nicht gelang, durch Verzögerung des Lichts das Kerrsche Phänomen zum Verschwinden zu bringen. Der Grund hierfür liegt wahrscheinlich darin, daß die Funken unregelmäßig übergingen, und daß vor allem die Kapazität und Selbstinduktion des Induktors eine nicht zu übersehende Rolle spielten.

Es wurde daher der Induktor durch eine **Influenzmaschine** ersetzt; der Erfolg war überraschend insofern, als bei einer Verzögerung von ungefähr 5 m das Kerrsche Phänomen vollständig verschwand. Als Elektrisiermaschine benutzte ich der Bequemlichkeit wegen eine große 20plattige Töplersche Influenzmaschine, die aus den Mitteln des Elisabeth Thompson Fund angeschafft worden war. Angetrieben wurde die Maschine durch einen Wassermotor. Die Schaltung zeigt Fig. 3. Die Funkenstrecke wurde mit dem Kondensator durch

3,8 mm dicke Drähte verbunden; die Drähte, die unmittelbar ins Gefäß führten, waren allerdings dünner, aber da die leitenden Teile der Funkenstrecke bedeutend dicker waren, so können wir behufs der Berechnung annehmen, daß der ganze Schließungskreis eine Dicke von 3,8 mm besitzt.

Zwei Widerstände wurden, wie es die Fig. 3 zeigt, eingeschaltet, und bei A wurde häufig der Draht durch eine kleine Funkenstrecke unterbrochen. Der Durchmesser der Kugeln der Funkenstrecke betrug 7 mm; sie standen 5 mm voneinander entfernt und wurden so oft als nötig von der Oxydschicht gereinigt. Aus Vorversuchen ergab sich, daß die Messungen am besten gelangen, wenn 80 Ohm in beiden Zweigen eingeschaltet waren.

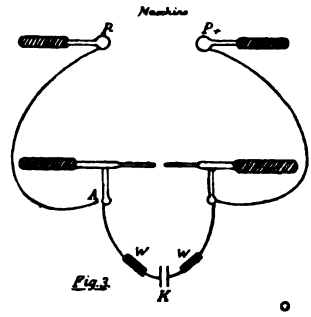


Fig. 3

Messungen.

Die oben gegebene Theorie wurde nun nach den verschiedensten Richtungen geprüft. Dazu wurden die beiden Lagen des Nikols, bei dem die beiden Bilder im Kalkspat gleich hell erschienen, aufgesucht. Um diese Lagen möglichst genau zu erhalten, wurde das Nikolsche Prisma jedesmal von rechts und dann von links hineingedreht und dann das Mittel der nahezu übereinstimmenden Ablesungen genommen. Aus der Differenz der beiden Mittel ergibt sich

$$\varphi = 2a.$$

Bei allen zur Vergleichung dienenden Beobachtungsreihen wurde darauf geachtet, daß bei entsprechenden Versuchen das Licht stets die gleichen Strecken M_2, M_3, M_4 (Fig. 1) zurücklegte, so daß also jeweilig die Verzögerungen, deren Zahl sieben betrug, gleich groß waren. Zu dem Zwecke waren die Lagen der Spiegel durch Zeichen auf dem Tisch ein für allemale festgelegt. Die Entfernungen wurden mit einem Maßstab gemessen; ich schätze den Fehler hierbei auf höchstens $\pm$ 5 cm.

Wie schon erwähnt, konnte, selbst wenn der Kondensator ungeladen war, ein kleiner Winkel $2a$ gemessen werden, welcher zwei Lagen gleicher Lichtintensität entsprach. Wegen der Licht-

schwäche gelang es nicht, den Winkel sehr genau zu bestimmen. Der Kondensator wurde vom Schließungskreis abgeschaltet und nun, während alles seine Lage beibehielt, der Winkel gemessen; es ergab sich $2^0,1$ für direktes Licht und bei einer Verzögerung von 690 cm — der größten, welche ich anwandte — $2^0,7$; $2^0,8$; $2^0,9$. Der Winkel ist also größer, wenn das Licht nicht so intensiv ist, was bei einer Verzögerung stets der Fall ist. Der Grund hierfür liegt natürlich in der von dem individuellen Bau des Auges herrührenden falschen Einstellung. Da die Lichtintensität abnahm, je größer die Verzögerung war, so zog ich nacheinander für die acht Werte (direktes Licht und sieben Verzögerungen) die Winkel $2^0,1$, $2^0,2$, $2^0,3$, $2^0,4$, $2^0,5$, $2^0,6$, $2^0,7$, $2^0,75$ von den direkt gemessenen ab. Bei den unten mitgeteilten Zahlen ist diese Korrektion schon angebracht. Befindet sich die Kurve jedoch hoch über der t-Achse, was bei Einschaltung einer großen Kapazität der Fall ist, so sind die Bilder sehr hell, und in diesem Fall wurde stets $2^0,1$ abgezogen.

Bei unseren Erörterungen über die Beziehungen zwischen φ und 2α rechneten wir die Zeit von dem Augenblick des Eintritts des Lichts in den Kondensator K an. Bei der Ableitung der Beziehung zwischen Q und t und φ und t (den Q, t- und φ, t-Kurven) nahmen wir als Ausgangspunkt der Zeitrechnung den Augenblick an, wo die Ladung auf der Kondensatorplatte ein Maximum war. Der Gleichförmigkeit wegen wollen wir von jetzt an an der letzteren Zeitrechnung festhalten.

Die Ladung auf der Kondensatorplatte nimmt von einem Maximum in dem Augenblick ab, wo der Funke übergeht. Da nun bei meinem Apparat die Entfernung zwischen Funkenstrecke und Kondensator K 30 cm betrug, so ist das sogenannte „direkte Licht", also das Licht, welches den Weg E, L_1, N_1, K, B, Γ (Fig. 1) zurückgelegt hat, gleichsam um $\frac{30}{3 \cdot 10^{10}}$ Sek. verzögert. Diese Korrektion ist natürlich auch bei den anderen Verzögerungen angebracht.

Bei den folgenden Beobachtungsreihen war die Anordnung des Schließungskreises die in Fig. 3 wiedergegebene. Die Länge desselben beträgt 198 cm, die Enden der Funkenstrecke waren beinahe kugelförmig, ihr Durchmesser betrug 7 mm; ihre Entfernung

voneinander war 5 mm. Der Widerstand betrug 40 Ohm in jedem Zweig; mit kleineren Widerständen war die Kurve etwas unregelmäßiger.

Die folgende Tabelle enthält die Beobachtungen; in derselben bedeutet V die Verzögerung, α der gemessene Winkel, α_1 das Mittel aus den Messungen.

Tabelle I.

Beobachtungen mit sekundärer Funkenstrecke bei A (Fig. 3).

Kurve	V:	30 cm	172 cm	218 cm	257 cm	298 cm	360 cm	456 cm	690 cm
I	α	11°,2	6°,6	4°,4	2°,9	2°,2	0°,7	—	—
		11°,8	6°,5	4°,4	2°,8	2°,2	0°,6	—	—
	α_1	11°,5	6°,6	4°,4	2°,9	2°,2	0°,7	—	—
II	α	14°,5	7°,1	5°,6	4°,7	4°,6	2°,5	1°,9	—
		15°,0	7°,0	5°,6	4°,9	4°,1	3°,2	2°,2	—
	α_1	14°,7	7°,1	5°,6	4°,8	4°,4	2°,9	2°,0	—
III	α	17°,7	14°,3	14°,0	11°,9	8°,9	7°,2	7°,3	—
		18°,0	14°,3	14°,1	12°,0	9°,7	8°,1	7°,3	7°,3
	α_1	17°,8	14°,3	14°,1	11°,9	9°,3	7°,6	7°,3	7°,3
IV	α	13°,9	11°,3	6°,4	5°,6	4°,0	2°,4	1°,6	0,35
		14°,5	12°,4	6°,6	6°,2	3°,9	2°,5	1°,5	0,35
	α_1	14°,2	11°,9	6°,5	5°,9	3°,9	2°,4	1°,5	0,35
V	α	34°,3	—	31°,5	—	—	26°,2	—	24,8

(Tabelle II s. S. 22.)

Den Verlauf der Kurven gibt die Figur 4 wieder. In derselben entspricht jeder Teilstrich der t-Achse 10^{-9} Sek., der Maßstab für die φ-Winkel ist willkürlich. Die Kurven I, II, III, IV, V wurden mit sekundärer Funkenstrecke bei A (Fig. 3), die Kurven a, b, c, d, e ohne sekundäre Funkenstrecke er-

Tabelle II.

Beobachtungen ohne sekundäre Funkenstrecke.

Kurve	V:	30 cm	172 cm	218 cm	257 cm	298 cm	360 cm	456 cm	690 cm
a	a	11°,9	3°,7	2°,5	1°,7	0°,95	0°,2	0°,05	—
		12°,1	3°,8	2°,2	1°,8	1°,0	0°,3	0°,1	—
	a_1	12°,0	3°,8	2°,4	1°,8	0°,95	0°,25	0,°1	—
b	a	14°,2	9°,8	6°,7	4°,7	4°,1	2°,2	0°,7	0°,25
		15°,1	10°,0	6°,7	4°,8	4°,0	2°,2	0°,8	0°,25
	a_1	14°,7	9°,9	6°,7	4°,8	4°,1	2°,2	0°,75	0°,25
c	a	16°,7	11°,1	6°,9	5°'5	4°,1	3°,6	2°,6	1°,45
		16°,7	10°,5	7°,1	6°,2	4°,6	3°,8	2°,7	1°,45
	a_1	16°,7	10°,8	7°,0	5°,9	4°,4	3°,7	2°,65	1°,45
d	a	14°,6	8°,6	5°,9	4°,1	2°,4	1°,7	1°,2	0°,15
		14°,8	9°,4	6°,4	4°,1	2°,0	1°,2	1°,2	0°,15
	a_1	14°,7	9°,0	6°,1	4°,1	2°,2	1°,5	1°,2	0°,15
e	a	34°,5	35°,2	34°,0	32°,3	30°,0	28°,7	—	27°,4
		37°,7	33°,1	32°,1	32°,5	30°,5	28°,2	—	27°,4
	a_1	36°,1	34°,2	33°,1	32°,4	30°,3	28°,4	—	27°,4

halten. Die weitere Anordnung des Schließungskreises geht aus der folgenden Übersicht hervor:

Kurve I: Einfacher Schließungskreis

„ II: „ „ mit Selbstinduktion (7 Windungen),

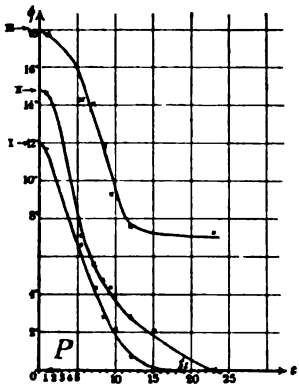
„ III: „ „ mit Selbstinduktion (14 Windungen),

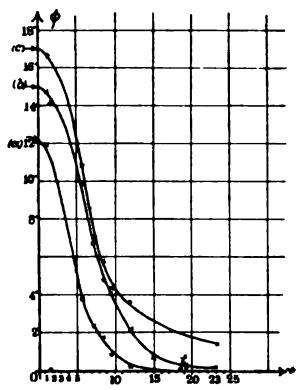
„ IV wie I, nur war ein Luftkondensator parallel dem Kerrschen Kondensator geschaltet,

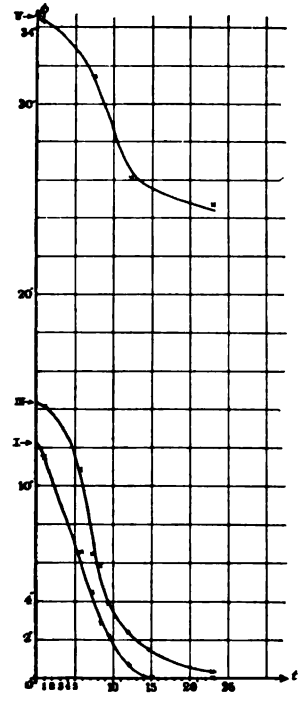
„ V wie IV, aber mit Leydener Flasche.

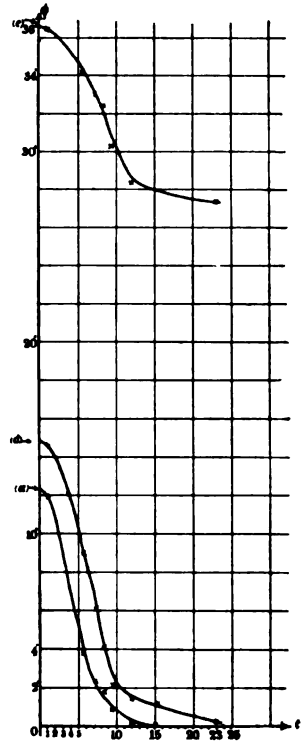
Kurve a entspricht I, b entspricht II u. s. w., nur fehlte die sekundäre Funkenstrecke, wie bereits oben erwähnt.

Fig. 4









Besprechung der Messungen.

Einfluß der Selbstinduktion:

Die Periode

$$\tau = 2\pi \left\{ \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} \right\}^{1/2}$$

nimmt offenbar mit L und C zu.

Nun wurde Kurve *II* (Fig. 4) mit genau demselben Aufbau erhalten wie Kurve *I*, nur waren sieben Windungen eines dünnen Drahts eingeführt, um die Selbstinduktion zu vergrößern. Wie es die Theorie erwarten ließ, ist tatsächlich die Periode größer, noch größer ist sie in Kurve *III*, bei der vierzehn Windungen eingeschaltet waren.

Dasselbe gilt für die Kurven (*a*), (*b*) und (*c*), welche sich von (*I*), (*II*) und (*III*) nur dadurch unterscheiden, daß keine sekundäre Funkenstrecke vorhanden war. Die Periode bei Kurve (*b*) ist größer als die von (*a*), aber kleiner als die von (*c*).

Einfluß der Kapazität. Die Anordnung bei Kurve *IV* unterscheidet sich von der bei Kurve *I* angewandten nur dadurch, daß ein kleiner Luftkondensator parallel mit dem Kerrschen Kondensator geschaltet war. Entsprechend der Theorie ist die Periode jetzt größer; noch größer ist sie bei Kurve *V*, die mit einer Leydener Flasche erhalten wurde.

Aus demselben Grund ist die Periode von (*d*) größer als die von (*a*), aber kleiner als die von (*e*).

Allgemeine Form der Kurve.

In allen Fällen sind die Kurven anfangs konkav und nachher konvex gegen die t-Achse. Damit ist die Übereinstimmung mit den oben gegebenen theoretischen Betrachtungen erwiesen.

Aus den Kurven *I* und (*a*) geht hervor, daß Kerrs Phänomen für eine Verzögerung von ungefähr 5 m verschwindet. Nach der Theorie (s. Fig. 2) konnte man erwarten, daß es bei noch größeren Verzögerungen wieder auftreten würde. Um diese Frage zu entscheiden, wurden die Winkel gleicher Helligkeit für die folgenden Verzögerungen gemessen: 639 cm, 830 cm, 945 cm, 1030 cm, 1105 und 1235 cm. Wegen der Lichtschwäche des Bildes war es sehr schwierig, die Messungen genau auszuführen; es wurden daher eine große Anzahl von Ablesungen gemacht. Der gemessene Winkel war sehr klein, d. h. niemals größer als 3°, wovon man 2°,75 abziehen mußte

(S. 20). Es ist daher möglich, daß für noch größere Verzögerungen Kerrs Phänomen wieder auftritt, doch ist dieser Schluß wegen der Schwierigkeit der Messung nicht absolut bindend. Jedenfalls war die Dämpfung sehr groß, und die Methode gibt tatsächlich nur den Teil der Kurve von O bis t_1 (wo das Kerrsche Phänomen zum erstenmal verschwindet).

Die numerische Berechnnng.

Bei der Entwicklung der Theorie über die Beziehung zwischen Q und t und zwischen φ und t wurden zwei Annahmen gemacht, nämlich

$$1.\ \text{daß}\ R^2 < 4\,\frac{L}{C}$$

ist, und 2. daß Kerrs Phänomen augenblicklich den Änderungen des elektrischen Feldes folgt.

Daraus, daß die Theorie mit dem Versuch übereinstimmt, folgt die Berechtigung dieser beiden Annahmen; immerhin dürfte es von Interesse sein, die Sache noch etwas genauer zu verfolgen.

Selbstinduktion L.

Die Länge des Schließungskreises betrug ungefähr 198 cm, die Dicke 3,5 mm. Der Einfachheit halber setzen wir für 198 die runde Zahl 200 und nehmen an, daß der Schließungskreis ein vollkommener Kreis sei. Dann ist nach der Formel von Bláthy

$$L = 4\pi + \left\{0{,}57944 + \log_e \frac{2r}{d} - \frac{d}{r} - \frac{d^2}{96\,r^2} - \frac{d^3}{354\,r^3} \cdot \cdot \cdot \cdot\right\},$$

wo r der Radius des Kreises und d der Durchmesser des Drahtes $= 3{,}5$ mm bedeuten. Führt man die Rechnung durch, so ergibt sich

$$L = 2308{,}75 \text{ elektromagnetische Einheiten.}$$

Kapazität C.

Sei K die Dielektrizitätskonstante, f die Fläche der Platte und a die Entfernung zwischen den Platten, so ist, da

$$C = K\,\frac{f}{4\,\pi\,a}$$

und

$$f = 21 \cdot 3 = 63$$

$$a = 0{,}3 \text{ und } K = 2{,}5$$

$$C = 41{,}7775 \text{ elektrostatische Einheiten}$$

$$= \frac{41{,}7775}{(3 \cdot 10^{10})^2} \text{ elektromagnetische Einheiten}$$

Der Widerstand R betrug

$$161{,}2 \text{ Ohm} = 161{,}2 \cdot 10^9 \text{ absolute Einheiten.}$$

Da nun

$$(161{,}2 \cdot 10^9)^2 < \frac{4 \cdot 2308{,}75}{41{,}7775} \cdot 9 \cdot 10^{20},$$

also

$$R^2 < \frac{4L}{C},$$

so waren wir berechtigt, die letztere Formel unserer Theorie zugrunde zu legen.

Wir wollen nun untersuchen, ob die aus der Theorie sich ergebenden Werte a) für die Verzögerung, bei der Kerrs Phänomen verschwindet, und b) für die Lage der Wendepunkte mit den experimentell gefundenen übereinstimmen.

a) Aus der Gleichung

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0, \qquad \text{(S. 7)}$$

deren Lösung in unserem Fall

$$Q = A e^{-\frac{R}{2L} t} \cos \left\{ \left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} \right)^{1/2} t + a \right\}$$

ist, folgt, wie schon erwähnt, daß die Periode der Oscillationen (Formel 2)

$$\frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} \right\}^{1/2}} \equiv \frac{2\pi}{k}$$

ist. Führt man in diese Formel die oben berechnete Zahlengrößen für L, R und C ein, so ergibt sich

$$\frac{\pi}{2k} = \frac{523{,}2}{3 \cdot 10^{10}}.$$

In gleicher Weise ergibt sich aus der Gleichung (2a)

$$\operatorname{tg} a = \frac{-R}{2Lk},$$

daß

$$a = -(7^0\, 23').$$

Da nun

$$Ot_1 = \frac{\frac{\pi}{2} - a}{k} \equiv \frac{\pi}{2k} \left\{ 1 - \frac{a}{\frac{\pi}{2}} \right\}$$

so erhalten wir, durch Einsetzen der Werte, $Ot_1 = \frac{566{,}1}{3 \cdot 10^{10}}$.

D. h. wir müßten erwarten, daß Kerrs Phänomen für eine Verzögerung von 566,1 cm verschwinden würde oder nach dem Maßstab der Kurven Fig. 4 verlangt die Theorie, daß die Kurve die t-Achse berührt im Punkte t_1, wo $Ot_1 = \frac{566{,}1}{30} = 18{,}8$ Teilstrichen ist. Aus der Figur 4 geht hervor, daß dieser Wert mit dem experimentell gefundenen übereinstimmt, besonders wenn man erwägt, daß die Messungen wegen der Lichtschwäche der Winkel nicht allzugenau ausgeführt werden konnten.

b) Die Lage der Wendepunkte, besonders des ersten.

Aus Formel 7 geht hervor, daß die Lage der Wendepunkte gegeben ist durch die Gleichung

$$\operatorname{tg} kt = \frac{\frac{R}{2kL}\left\{-\frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{L}{R^2 C}}\right\}}{1 - \frac{R^2}{2k^2L^2}\left\{1 \pm \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{L}{R^2 C}}\right\}}.$$

Führt man hierin die oben gefundenen Werte für L, R und C ein, so ist

$$\operatorname{tg} kt = \frac{0{,}12567975}{0{,}97924780}, \text{ oder } -\frac{0{,}25517975}{1{,}00395220}.$$

Verwirft man den negativen Wert als unmöglich zwischen O und t_1 (Fig. 4), so erhält man für den ersten Wendepunkt

$$kt = 7^0\,19'$$

oder

$$t = \frac{42{,}6}{3 \cdot 10^{10}}.$$

Wir müßten also erwarten, daß nach dem Maßstab von Fig. 4 der erste Wendepunkt die Abscisse OP hätte, wo

$$OP = \frac{42{,}6}{30} = 1{,}4 \text{ Teilstriche.}$$

Daß dies tatsächlich nahezu erfüllt ist, geht aus den Kurven 1 und a hervor.

Resultat.

1. Die abgeleiteten theoretischen Folgerungen stimmen sehr gut mit den experimentellen Ergebnissen.

2. Die sehr gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch führt zu dem Schluß, daß unsere Annahme, daß

Kerrs Phänomen augenblicklich den Änderungen des elektrischen Feldes folgt, äußerst wahrscheinlich ist.

Die Herren Abraham und Lemoine haben in ihrer Abhandlung ebenfalls diesen Schluß gezogen, und zwar daraus, daß Kerrs Phänomen in dem so kurzen Zeitintervall von $\frac{400}{3 \times 10^{10}}$ Sek. verschwindet. Zu demselben Resultat ist bereits Th. des Coudres[1]) im Jahre 1893 gelangt. Aus den oben mitgeteilten Auseinandersetzungen geht hervor, daß dieser Schluß nicht nur äußerst wahrscheinlich, sondern so gut wie sicher ist.

Teil II.

Anwendung der Methode von Abraham-Lemoine zur Bestimmung der Richtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Entladungsröhren.

Wheatstone gelangte im Jahre 1835 auf Grund der Beobachtung einer Entladung im rotierenden Spiegel zu dem Resultat, daß die Geschwindigkeit der Entladung nicht geringer als 8×10^7 cm pro Sek. war. Plücker[2]) schloß auf Grund des magnetischen Verhaltens der Entladung, daß dieselbe von der positiven Elektrode ausging. Spottiswoode und Moulton[3]) fanden, daß die Zeit, welche die positive Elektrizität gebrauchte, um die ganze Röhre zu durchwandern, kürzer war als diejenige, welche die negative Elektrizität bedurfte, um die Kathode zu verlassen. Sie ermittelten ferner, daß positive oder negative Elektrizität viel schneller durch einen Draht von der Länge der Röhre fließt als durch die Röhre selbst. J. J. Thomson[4]), welcher ebenfalls diese Frage behandelt hat, verwandte bei seinen Versuchen eine 15 m lange Röhre, die mit Ausnahme von zwei um 6 m voneinander entfernten Stellen vollständig mit Lampenruß geschwärzt war. Während ein Strom hindurch-

---

[1]) Th. des Coudres, Einige Bemerkungen über elektrische Doppelbrechung. Verh. Deutsch. Naturf. u. Ärzte 1893.

[2]) Plücker, Pogg. Ann. 107, S. 89. 1859.

[3]) Spottiswoode and Moulton, Phil. Trans. Vol. 171, II, p. 641. 1880.

[4]) J. J. Thomson, Recent Researches 1893, p. 115 ff.

geschickt wurde, wurden die Bilder der unbedeckten Stellen mit Hilfe von Spiegeln so auf einen rotierenden Spiegel geworfen, daß sie, wenn der letztere sich in Ruhe befand, eine Gerade bildeten. Bei schneller Rotation trennten sie sich voneinander. Wurde der Strom gekehrt, so vertauschten die Bilder ihre relative Lage zueinander. Es ergab sich nach dieser Methode, daß die Entladung unabhängig von der Natur der Elektroden stets von der Anode zur Kathode wanderte, und daß für einen Druck von 0,8 mm die Geschwindigkeit der Entladung ungefähr die Hälfte von derjenigen des Lichts betrug.

E. Wiedemann und G. C. Schmidt[1]) haben ferner gezeigt, daß unter bestimmten Verhältnissen eine scheinbare Fortpflanzungsgeschwindigkeit von nur etwa 200 m pro Sek. beobachtet wird. In den leuchtenden wandernden Massen von Wüllner, Righi u. a. haben wir eine scheinbare außerordentlich langsame Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität. Da die Resultate der einzelner Forscher somit gar nicht untereinander übereinstimmen, so war es wünschenswert, nach einer neuen Methode die obige Größe zu bestimmen, und hierzu schien die von Abraham und Lemoine gegebene Anordnung ein vorzügliches Hilfsmittel zu bieten.

In den einfachen Schließungskreis (Fig. 3), für den die Doppelbrechung durch die Kurven (Fig. 4) dargestellt wird, sei eine Entladungsröhre (Fig. 5) eingeschaltet. Dieselbe sei geschwärzt, nur zwei kleine Stellen a und b, die als Lichtquellen dienen sollen, seien unbedeckt. Es war nun zu erwarten, daß man mit letzteren ähnliche Kurven für die Doppelbrechung erhalten würde wie für den Funken (Fig. 4). Schreitet die Entladung von a nach b fort, so würde man für a für die Doppelbrechung eine Kurve von ungefähr der Form A, A_0, A' voraussichtlich beobachten und für b die Kurve $B\ B'$ (Fig. 6). Die obere Kurve würde dem Ende der Röhre entsprechen, von dem die Entladung ausgeht. Da gar keine Veranlassung vorliegt, weswegen $B\ B'$ anders gestaltet sein sollte, als $A\ A'$, so war zu erwarten, daß $B\ A_0 = B'\ A' = \beta\ a \ldots$ sein würde, oder mit anderen Worten, daß man durch eine parallele Verschiebung $B\ B'$ mit $A\ A'$ zur Deckung bringen würde.

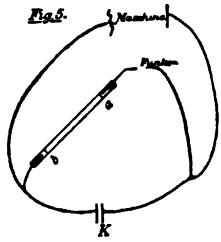
---

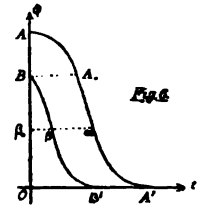
[1]) E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. 66, S. 334. 1898.

Aus den Kurven ließe sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Entladung leicht berechnen. Entspräche $\beta\ a$ beispielsweise irgend einer Verzögerung Δ cm längs des Lichtstrahles, und wäre die Entfernung zwischen a und b in der Röhre Δ' cm, so wäre die Geschwindigkeit der Entladung einfach

$$\frac{\Delta'}{\Delta}\ (3 \times 10^{10}).$$

Die Zeit $\beta_0\ a$ ist offenbar gleich der Zeit, welche die Entladung gebraucht, um von a nach b zu wandern, plus der Zeit $\beta_0\ \beta$ oder mit anderen Worten: die Zeit, welche die Entladung zur Zurücklegung des Wegs $a\ b$ bedarf, ist gleich $\beta\ a$. Es





war daher zu erwarten, daß man für jede horizontale Entfernung zwischen den Kurven die Geschwindigkeit würde bestimmen können.

Diese Vermutung hat sich nicht bestätigt, die Versuche ergaben alle negative Resultate. Trotzdem teile ich sie mit, da man aus denselben andere Schlüsse ziehen kann.

Versuche.

I. Die ersten vorläufigen Versuche wurden mit einer mit Wasserstoff gefüllten Geißler-Röhre angestellt. Die Anordnung gibt die Fig. 5 wieder, nur waren vor dem Kondensator zwei kleine $CuSO_4$-Widerstände eingeschaltet. Messungen wurden ausgeführt für direktes und für verzögertes Licht (a) mit dem Funken und (b) mit der Mitte der Röhre als Lichtquelle.

Die folgenden Winkel wurden gemessen

a) Funken als Lichtquelle.

V in cm	Winkel
30	22°,1
172	19°,1
218	16°,9
257	15°,1
298	12°,8
360	11°,1
690	4°,6

b) Die Mitte der Röhre als Lichtquelle.

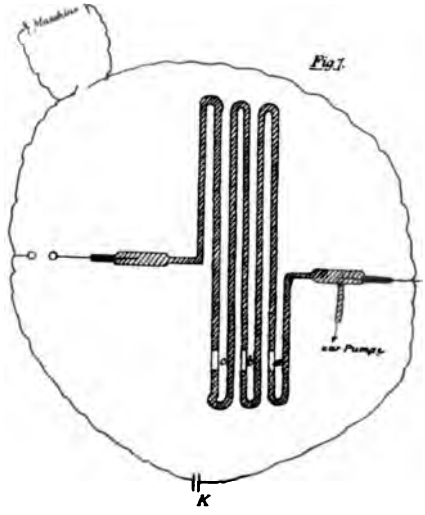
V in cm	Winkel
30	34°,6
172	28°,4
257	24°,5
360	22°,2
690	19°,8

Es wurde nun die Anordnung in mannigfacher Weise variiert, so wurde die Röhre zuerst mit dem positiven Pol der Maschine, darauf mit dem negativen Pol verbunden, der eine Pol wurde zur Erde abgeleitet, Widerstände und Selbstinduktion eingeschaltet u. s. w. Es ergab sich stets für den Funken ein viel kleinerer Winkel als für die Röhre. Die Erklärung dieser Erscheinung sowie der bei anderen Anordnungen entgegengesetzten findet sich am Schluß der Abhandlung.

II. Röhre zwei Meter lang.

Die ersten definitiven Versuche, die Richtung und Geschwindigkeit der Entladung zu bestimmen, wurden mit einer 2 m langen Röhre angestellt; Durchmesser betrug 6 mm (Fig. 7). Sie war mit schwarzem Lack bedeckt, nur drei Stellen bei *a*, *b* und *c* blieben unbedeckt. Die Ebene der Röhre war vertikal und stand senkrecht zu der Richtung des Fernrohrs. Die Stellen *a*, *b* und *c* wurden nacheinander in die Lage gebracht, die ursprünglich der Funke einnahm. Bei einer ersten Reihe von Versuchen besaß die Röhre überall den gleichen Durchmesser, später wurden die Enden, in welche Aluminiumelektroden eingekittet waren, erweitert, wie es die Figur zeigt. Die Ent-

fernung längs der Röhre zwischen a und b und b und c betrug 58 cm. Der Druck betrug ungefähr $^1/_2$ mm; Druckänderungen von $^1/_{10}$—$^2/_{10}$ mm riefen keine nennenswerten Änderungen des Winkels hervor. Die Funkenstrecke bestand aus zwei Messingkugeln von 2,5 cm Durchmesser, deren Entfernung voneinander mittelst einer Mikrometerschraube verändert wurde. Der Schließungskreis war so klein als möglich.



Aus meinem Beobachtungsjournal entnehme ich die folgenden typischen Reihen. Die ersten wurden mit einer elektrischen Maschine, die letzte mit einem Induktorium angestellt. V bedeutet wieder Verzögerung, a das gemessene Mittel, a_1 das Mittel aus den Messungen; a, b, c bedeutet, daß a, dann b und c als Lichtquelle diente.

Reihe a. Mit Elektrisiermaschine.

Kurve	V	30 cm	218 cm	298 cm	456 cm	690 cm
a	a	44°,1 45°,3	42°,9 44°,4	46°,5 46°,4	47°,1 46°,7	42°,7 44°,6
	a_1	44°,7	43°,6	46°,4	46°,9	43°,6
b	a	43°,8 44°,2	— —	— —	— —	41°,8 43°,5
	a_1	44°,0	—	—	—	42°,6
c	a	45°,1 44°,2	— —	— —	— —	44°,3 43°,9
	a_1	44°,6	—	—	—	44°,1

Reihe β. Mit Elektrisiermaschine.

Kurve	V	30 cm	218 cm	298 cm	360 cm	690 cm
a	a	111°,1	—	—	—	113°,0
		111°,8	—	—	—	112°,2
	a_1	111°,4	—	—	—	112°,6
b	a	112°,0	112°,7	113°,3	111°,5	114°,7
		111°,3	111°,2	112°,1	114°,7	112°,9
	a_1	111°,7	111°,9	112°,7	113°,1	113°,8
c	a	94°,9	—	—	—	112°,5
		94°,9	—	—	—	112°,9
	a_1	94°,9	—	—	—	112°,7

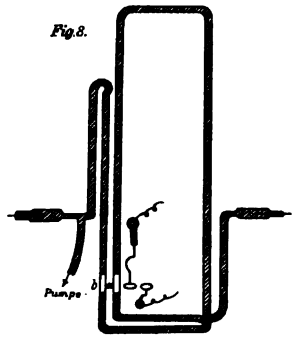
Reihe γ. Mit Induktorium.

Kurve	V	218 cm	456 cm
a	a	25°,7	23°,7
		22°,0	24°,9
	a_1	23°,8	24°,3
b	a	24°,7	20°,9
		21°,0	19°,3
	a_1	22°,8	20°,1
c	a	23°,0	19°,0
		21°,0	20°,7
	a_1	22°,0	19°,8

Aus der Tabelle ergibt sich, daß keine Kurven wie in Fig. 6 erhalten wurden. Die Differenzen zwischen den Werten für *a*, *b* und *c* in jeder Reihe sind so klein, — sie liegen innerhalb der Beobachtungsfehler —, daß man keinen Schluß weder auf die Richtung noch auf die Geschwindigkeit ziehen kann.

III. Eine kürzere Röhre.

Die nächste Röhre, welche ich benutzte (Fig. 8) hatte denselben Durchmesser wie die vorige, war aber viel kürzer. Die Funkenstrecke und die Stellen *a* und *b* waren so angeordnet, daß sie bequem mittelst einer Schraubenvorrichtung in das Gesichtsfeld nacheinander gebracht werden konnten. Um den Druck längere Zeit konstant zu halten, wurde eine große Woulffsche Flasche eingeschaltet; der Druck wurde mittelst eines Mac Leodschen Manometers abgelesen. Die Entfernung zwischen *a* und *b* in der Röhre betrug 110 cm. Die Funkenstrecke bestand aus Messingkugeln von ungefähr 7 mm Durchmesser. Einige der erhaltenen Resultate stehen in den nachfolgenden Tabellen verzeichnet.



Versuchsreihe I mit Induktorium. Der Druck betrug am Anfang 0,95 mm, am Ende 1 mm.

Kurve	V	30 cm	360 cm
Funken	a	38°,3 39°,6	37°,5 41°,8
	a_1	38°,9	39°,1
a	a	18°,0 17°,2	17°,1 18°,6
	a_1	17°,6	17°,8
b	a	18°,7 19°,6	18°,0 17°,6
	a_1	19°,1	17°,8

Versuchsreihe II mit Elektrisiermaschine und $CuSO_4$-Widerständen. Der Schließungskreis bestand aus dickem Draht

Die Länge der Funkenstrecke war dieselbe wie vorher. Der Druck betrug am Anfang 0,099 mm, am Ende 0,114 mm.

Kurve	V	30 cm	360 cm
Funken	α	43°,6 40°,9 41°,2 43°,5	45°,9 40°,5 40°,5 41°,1
	α_1	42°,1	41°,1
a		29°,3	29°,5
b		28°,8	27°,9

Versuchsreihe III mit Elektrisiermaschine. Die Anordnung war dieselbe wie vorher. Der Druck variierte im Lauf der Untersuchung von 0,255 bis 0,315 mm. Die der Pumpe nächstgelegene Elektrode (siehe Fig. 8) ist positiv.

Kurve	V	30 cm	218 cm	360 cm	690 cm
a	α	41°,3 42°,3 41°,8	42°,8 41°,6 41°,0	41°,2 41°,3 41°,1	41°,4 41°,6 41°,8
	α_1	41°,8	41°,8	41°,2	41°,8
		Gemessener Druck = 0,312 mm	Druck = 0,290 mm	Druck = 0,285 mm	Druck = 0,278 mm
b	α	42°,8 40°,7 42°,0 40°,6	— — — —	— — — —	— — 41°,5 —
	α_1	41°,5	—	—	41°,5
		Druck = 0,265 mm			

Es wurde nachher noch ein sekundärer Funke eingeschaltet; die Werte für die Winkel blieben dieselben wie vorher.

Versuchsreihe IV. Die Funkenstrecke wurde ausgeschaltet. Mit direktem Licht wurde bei *a* der Winkel 12°,5 und mit *b* 12°, 9 gemessen.

Versuchsreihe V mit Elektrisiermaschine und Funkenstrecke (zwei Messingkugeln von 2,5 cm Durchmesser), ohne Widerstand; der Schließungskreis war so kurz als möglich. Druck 0,37 mm. Die folgenden Werte wurden erhalten.

a	24°,1	24°,0	23°,5	23°,6	24°,4	Mittel **23°,92**
b	24°,0	23°,8	24°,0	23°,9	24°,1	„ **23°,96.**

Als die Maschine sehr langsam lief, wurde bei *b* der Winkel 24°, 4, als sie sehr schnell rotierte, 24°, 2 gemessen.

Versuchsreihe VI mit Influenzmaschine und Funkenstrecke (Entfernung der Kugeln voneinander 2 mm), Druck 0,372 mm am Anfang und 0,383 mm am Ende.

In der Tabelle (s. Seite 37) bedeutet *a* das eine Ende der Röhre, welches als Lichtquelle benutzt wurde, *b* das andere Ende; *a* + bedeutet, daß *a* positiv war, *b* —, daß *b* negativ war. Die Funkenstrecke war stets vor *a* eingeschaltet.

Die Winkel für *b* sind, obwohl sie denen von *a* sehr nahe kommen, alle etwas größer als die von *a*. Es mag dies daher rühren, daß alle Versuche mit *b* nach denen von *a* angestellt wurden, und daß beim Abputzen der Kugeln der Funkenstrecke, was stets vor Beginn der Beobachtungsreihe mit *b* geschah, diese ein klein wenig voneinander entfernt wurden. Eine kleine Änderung der Funkenstrecke rief stets eine große Änderung der Winkel hervor, während selbst große Druckänderungen so gut wie ohne Einfluß waren.

Als einige Leydener Flaschen eingeschaltet wurden, wurde für *a* 19°,1 und für *b* 19°,0 gemessen.

Alle Beobachtungsreihen zeigen somit ausnahmslos, daß es unmöglich ist, Kurven der gewünschten Art zu erhalten. In allen Fällen ist der Winkel für *a* derselbe wie für *b*, und zwar sowohl für direktes, als auch für verzögertes Licht. Im Gegensatz zu den Beobachtungen mit der Geißler-Röhre (S. 30) sind die Winkel für die Röhre kleiner als für die Funkenstrecke.

Fall		V	30 cm	535 cm
I	a +	α	21°,0 20°,6	20°,9 22°,0
		α_1	20°,8	21°,4
	b —	α	21°,5	21°,4
II	a —	α	20°,4 20°,0	20°,4 20°,1
		α_1	20°,2	20°,3
	b +	α	23°,9	23°,8
Der eine Pol der Funkenstrecke war zur Erde abgeleitet.				
III	a —	α	20°,3 19°,9	20°,3 20°,1
		α_1	20°,1	20°,2
	b +	α	21°,7	21°,2
IV	a +	α	20°,1 19°,6	19°,8 20°,0
		α_1	19°,9	19°,9
	b —	α	21°,5	21°,5
Eine Elektrode des Rohrs war zur Erde abgeleitet.				
V	a +	α	20°,2 21°,2	19°,8 20°,7
		α_1	20°,7	20°,2
	b —	α	22°,2	21°,6
VI	a —	α	20°,1 20°,4	19°,7 20°,1
		α_1	20°,2	19°,9
	b +	α	21°,2	21°,3

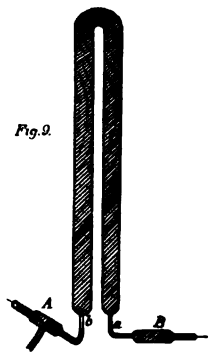


Fig. 9.

IV. Eine kurze, weite Röhre.

Es wurde eine Röhre von der Form Fig. 9 benutzt; *a* und *b* sind kapillar. Der Durchmesser der weiten Röhre betrug 18,8 mm, die Entfernung von *a* nach *b* war in der Röhre = 92 cm.

Versuchsreihe I mit Influenzmaschine und Funkenstrecke. Der Schließungskreis war so kurz als möglich. Die Entfernung der Messingkugeln der Funkenstrecke voneinander betrug 3,4 mm. Druck am Anfang 1,00 mm, am Ende 1,05. Das der Pumpe nächstgelegene Ende der Röhre ist positiv.

Kurve	V	30 cm	535 cm
a	a	32°,8	31°,2
		30°,9	31°,1
		31°,6	32°,8
	a_1	31°,6	31°,7
b	a	30°,8	31°,9
		32°,4	32°,7
	a_1	31°,1	32°,3

Versuchsreihe II. Druck 0,518 mm. Die übrige Anordnung wie vorher.

Kurve	V	30 cm	535 cm
a	a	31°,5	30°,6
		31°,0	31°,5
	a_1	31°,3	31°,1
b	a	31°,1	31°,3
		30°,0	30°,8
	a_1	30°,6	31°,0

Versuchsreihe III mit Elektrisiermaschine und Funkenstrecke, bestehend aus Messingkugeln von 7 mm Durchmesser, deren Entfernung voneinander sehr klein war. Druck 1,43 mm.

Kurve	V	30 cm	384 cm
a	a	11°,3	11°,3
		9°,4	10°,4
		10°,5	10°,7
		11°,0	—
	a_1	10°,5	10°,8
b	a	10°,9	—
		10°,9	10°,9
	a_1	10°,9	10°,9

Versuchsreihe IV mit Elektrisiermaschine und Funkenstrecke wie vorher. Druck 1,4 mm.

	Kurve	V	30 cm	384 cm
A negativ	Funken	a	66°,1	66°,6
			66°,3	67°,0
		a_1	66°,2	66°,8
	a	a	44°,5	43°,6
			44°,7	44°,0
		a_1	44°,6	43°,8
	b	a	44°,1	43°,5
A positiv	a	a	43°,8	44°,0
	b	a	44°,8	44°,7

Versuchsreihe V. Druck 0,44; sonst war alles wie vorher, und zwar die Funkenstrecke kürzer.

	Kurve	V	30 cm	384 cm
A positiv	Funken	a	46°,8 47°,9	47°,3 47°,9
		a_1	47°,3	47°,6
	a	a	29°,5 29°,7	30°,1 29°,8
		a_1	29°,6	29°,9
	b	a	30°,0 29°,9	28°,8 28°,6
		a_1	30°,0	28°,7
A negativ	Funken	a	53°,1 56°,9	52°,3 56°,3
		a_1	55°,0	54°,3
	a	a	31°,4	30°,6
	b	a	31°,7	31°,0

Diese Beobachtungsreihen zeigen, ebenso wie die vorhergehenden, daß, gleichgültig, ob wir direktes oder verzögertes Licht anwenden, die Winkel für a dieselben sind wie für b. Dasselbe gilt für die mit der Funkenstrecke als Lichtquelle gemessenen Winkel; dieselben sind größer als die entsprechenden von a und b. Es läßt sich daher aus diesen Beobachtungen ein Schluß weder über die Richtung der Entladung, noch über deren Geschwindigkeit ziehen.

Trotz dieser negativen Resultate läßt sich aus den Beobachtungsreihen folgendes entnehmen: Die Beobachtungen mit Röhre II, III und IV zeigen, daß der Winkel selbst bei einer Verzögerung von 4 m und mehr sich nicht ändert Dies deutet

darauf hin, daß die Entladung und der Funke länger andauert, als die Zeit beträgt, welche das Licht gebraucht, um diesen Weg zurückzulegen. Aus der Länge der Röhre ergibt sich sofort, daß dieser Schluß nicht übereinstimmt mit dem von J. J. Thomson gefundenen Wert für die Geschwindigkeit der Entladung, wohl aber mit dem von Spottiswoode und Moulton.

Der kleinere Wert des Winkels beim Rohr I erklärt sich aus einem späteren Einsetzen der leuchtenden Entladung im Rohr, als im Funken. Das spätere Einsetzen wird bedingt durch die große Kapazität eines so langen Entladungsrohrs; die zuerst übergehenden Elektrizitätsmengen laden das Rohr, bis das Entladungspotential erreicht ist und erst dann tritt im Rohr die leuchtende Entladung ein.

Ein entgegengesetztes Resultat liefern die weiter oben beschriebenen Versuche mit einem gewöhnlichen mit Wasserstoff gefüllten Geißlerrohr. Der Winkel im Rohr war stets größer als der im Funken. Es fragt sich, wie läßt sich dies erklären? Auch hier wird aus gleichem Grunde wie beim langen Entladungsrohr die leuchtende Entladung im Rohr später als die im Funken einsetzen, jedoch wird der Zeitunterschied entsprechend der sehr viel kleineren Kapazität des Geißlerrohrs sehr viel kleiner sein. Nun haben frühere Versuche gezeigt, daß die Dauer des Leuchtens sowohl beim Funken als auch beim Geißlerrohr sehr kurz sind. Aus der Tatsache, daß der Winkel im Geißlerrohr größer war als der im Funken, muß man schließen, daß die Dauer des Leuchtens im Geißlerrohr wesentlich kürzer ist als im Funken. Genauere Untersuchungen, die aber außerhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit liegen, müssen die Verhältnisse klären und vor allen Dingen entscheiden, ob man aus der Art des Aufleuchtens Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit der Fortpflanzung machen kann.

Es sei mir an dieser Stelle erlaubt, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit und seine Hilfe während derselben sowie Herrn Prof. Dr. G. C. Schmidt für seine wertvollen

*

Ratschläge und für die viele Mühe und Zeit, die er mir in der liebenswürdigsten Weise geopfert hat, meinen herzlichen Dank auszusprechen. Ebenso möchte ich Herrn Privatdozenten Dr. Wehnelt für seine vielen nützlichen Vorschläge und für die freundliche Unterstützung, die er mir immer zuteil werden ließ, Herrn Prof. Dr. Lenk für die gütige Überlassung seiner optischen Bank, Herrn Abraham endlich für seine mir bereitwilligst erteilten Aufklärungen meinen besten Dank abstatten.

Über ein Weihgeschenk aus Veji.

Von J. Veit.

Vorgetragen in der Sitzung vom 18. Januar 1904, mit Demonstration einer etruskischen Tonfigur.

M. H.! Ich erlaube mir Ihnen ein etruskisches Weihgeschenk vorzulegen, in dessen Besitz ich zufällig gelangte. Es stammt aus der Nachlaßauktion des Grafen Vespignani, der unter Pio IX. der Leiter der päpstlichen Ausgrabungen in Veji war; der Mann einer früheren Patientin erwarb das Stück mit anderen Gegenständen und schenkte es mir.

Veji wurde nach langem Kampf von den Römern 396 v. Chr. erobert und zerstört; erst am Ende des 1. Jahrhunderts n. Chr. wurde die Stadt als Kolonie für Veteranen wieder aufgebaut, gewann aber nie die alte Bedeutung wieder.

Ob das Stück aus der etruskischen Zeit oder aus der späten Kaiserzeit stammt, lasse ich vorläufig dahingestellt. Herr Professor Bulle, der mich bei meinen Untersuchungen über das Stück freundlichst unterstützte, wird Ihnen seine diesbezügliche Ansicht sogleich mitteilen.

Das Stück stellt einen weiblichen Torso ohne Hände und ohne untere Extremitäten aus gebranntem Ton dar. Auf dem entblößten Abdomen sieht man eine spindelförmige Figur, in der Baucheingeweide dargestellt sind. Diese stimmen merkwürdig überein mit den von Stieda publizierten; nur teilt mir Herr Stieda mit, daß eine so vollständige Figur seines Wissens bisher noch nicht bekannt ist.

Die Eingeweide stellen in der Mittellinie oben das Herz, seitlich die Lungen dar, darunter folgt die dreizipflige Leber, dann der Magen mit dem Darm, in der Mittellinie und seitlich die beiden Nieren, sowie die Milz, ganz unten die Blase. Diese

Deutung schließt sich ganz der von Stieda gegebenen an; doch ist nicht zu verkennen, daß Herz und Lunge der Clitoris und den kleinen Labien, der Magen dem Uterus ähnlich ist. Doch wenn das Stück aus älterer Zeit vor Vejis Zerstörung stammt, kann nur die zuerst gegebene Deutung richtig sein, da menschliche Sektionen nicht gemacht wurden, und wenn es nach Vejis Wiederaufbau gebildet wurde, so ist die Kenntnis der Gestalt des menschlichen Uterus kaum sehr verbreitet gewesen. Auch die Darstellung der äußeren Genitalien findet man im Altertum nach den Mitteilungen Stiedas nicht in dieser Weise.

Interessant ist, daß Aderlaßfiguren des Mittelalters, wie mir Herr G. Klein (München) freundlichst mitteilt, bei Mundinus u. a. ähnliche Abbildungen auf dem Bauch haben; bei diesen ist die Deutung als Herz resp. Magen durch die beigefügten Namen der Sternbilder Löwe resp. Venus deutlich.

Es ist daher immerhin nicht ohne Interesse, diese antiken Weihgeschenke zu sehen, die aus einer Stätte stammen, welche nicht nur wegen ihrer Kunstfertigkeit in der Herstellung von Tonbildern, sondern wegen ihrer Heilkunst berühmt war.

Im Anschluß an die Demonstration des Weihgeschenkes führte Herr Dr. H. Bulle, Professor der Archäologie, der der Sitzung als Gast beiwohnte, folgendes aus:

Für die ganze Gruppe von Weihgeschenken, die Stieda in Merkel-Bonnets Anatomischen Heften, 50. Heft, Taf. 1—4 zusammengestellt hat, ist die Veitsche Figur von entscheidender Wichtigkeit, weil durch sie zum ersten Male eine Datierung möglich wird. Die eigentümliche Frisur nämlich (wellige Locken, die das Gesicht streifenweis einrahmen, aber nur bis zur Schulter reichen) findet sich nur in einer ganz bestimmten Epoche der römischen Kaiserzeit, bei der Kaiserin Julia Domna, Gattin des Septimius Severus (193—211 n. Chr.), und ihren Verwandten. Man vergleiche z. B. den schönen Kopf der Julia Domna in der Münchener Glyptothek Nr. 354 und das weitere, in Furtwänglers Katalog der Glyptothek angeführte Material. Da die Geschichte der antiken Frauenfrisuren hinreichend bekannt ist, so kann man die Veitsche Tonfigur mit Sicherheit an die

Wende des zweiten zum dritten nachchristlichen Jahrhundert setzen. Es ist dann wahrscheinlich, daß die übrigen Weihgeschenke gleicher Art ebenfalls in die spätere Kaiserzeit gehören, nicht, wie Stieda vermutet, in vorchristliche Zeit. Nun hat gerade in dieser Epoche die Medizin durch die Wirksamkeit des Galen (131—200 n. Chr.) einen neuen Aufschwung genommen; Galen sezierte zwar angeblich keine Menschen, aber Affen. Es ist uns aus dem ganzen Altertum geläufig, daß man der Gottheit einen leidenden Körperteil im Bilde darbringt, um Heilung zu erflehen. Daß man ihr aber „sein ganzes Innere zeigt", muß unbedingt mit lebhaften rein medizinischen Interessen und mit neu erwachten anatomischen Studien der Ärzte zusammenhängen, zumal die Tonbilder die Lage und Form der inneren Organe wenn auch roh, so doch im ganzen richtig andeuten. Also bestätigt diese Erwägung allgemeiner Art die aus einem spezifischen archäologischen Indizium gewonnene Ansetzung dieser Denkmälerklasse in das Ende des zweiten und den Anfang des dritten Jahrhunderts n. Chr.

Im einzelnen hätte ich noch zu bemerken, daß an der Veitschen Figur, wie an mehreren anderen Beispielen, auch die durchgeschnittenen Rippenknorpel angedeutet sind, als knopfartige Stückchen am oberen Drittel des Schnittrands (rechts abgebrochen). Auffallend ist an der Figur, daß die Eingeweide, die sich eigentlich auf die ganze Strecke vom Hals bis zur Scham verteilen sollen, alle zusammen in dem kleinen Ausschnitt am Bauch gezeigt werden, wodurch man beim ersten Anblick und ohne die Vergleichung der analogen Stücke zu der Meinung verführt wird, es handle sich nur um Unterleibsorgane. Die Erklärung ist jedoch einfach. Die Mehrzahl der von Stieda gesammelten Eingeweidedarstellungen sind nämlich bloß elliptische Tafeln ohne Andeutung des übrigen Körpers, also reine anatomische Modelle, deren Vorbilder natürlich von Ärzten herrühren müssen. Die Tonbildner haben sie immer wiederholt, ohne wahrscheinlich im einzelnen genau zu wissen, was das sein sollte. Und so setzten sie, wenn jemand sich in ganzer Person der Gottheit dedizieren und ihr gleichzeitig seine inneren Schäden vorführen wollte, einfach das anatomische Modell in der Größe, die es gerade hatte, der Figur auf den Bauch. Daraus erklärt sich auch der Umstand, den Herr

Professor Hauser in der Diskussion als auffallend bezeichnet, daß nämlich die Frau bekleidet ist und es so aussieht, als sei durch das Gewand hindurchgeschnitten worden. Etwas Besonderes hat sich der Tonbildner dabei sicher nicht gedacht, zumal sein Können, wie Herr Professor Gerlach zutreffend bemerkt, durch die ungeschickte Bildung der Brust und der Gewandfalten sich überhaupt als sehr gering erweist.

Neue Gesichtspunkte zur Theorie der Kolloide.[1]

Von Eduard Jordis,

Aus dem chemischen Laboratorium der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 23. Februar 1904.

M. H.! Der Gegenstand meines Vortrages von heute abend ist Ihnen schon vertraut durch die Ausführungen verschiedener unserer Mitglieder. So hat Herr Paal wiederholt Gelegenheit genommen, seine wissenschaftlich wie technisch ausgezeichneten kolloidalen Metallösungen vorzuführen, Herr Gutbier hat in seiner Probevorlesung eine Übersicht über die Anschauungen gegeben, die man sich über Kolloide gebildet hat, und Herr Voit hat in seiner Antrittsvorlesung über die Leimsubstanz selbst und ihre Rolle in der Ernährung gesprochen. Wenn ich nun nochmals Ihre Aufmerksamkeit für diesen Gegenstand in Anspruch nehme, so geschieht es, weil ich Ihnen eine Anschauung über die Kolloide entwickeln möchte, die von der herrschenden abweicht, aber, wie ich erwarte, die Erkenntnis der Kolloide erleichtern und die Forschung über sie befruchten wird. Die für meine Anschauungen grundlegenden Beobachtungen habe ich schon im Mai 1902 im Anschluß an einen Vortrag des Herrn Paal hier kurz angeführt und Zweifel darüber geäußert, ob die herrschenden Annahmen haltbar seien. Inzwischen haben mich eigene Beobachtungen und namentlich eingehende Studien der Originalliteratur mehr und mehr in meinen Zweifeln bestärkt. Auch die zahlreichen Publikationen,

[1]) Die Literatur über Kolloide ist inzwischen von Herrn Arthur Müller in dankenswertester Weise zusammengestellt worden, so daß ich nur spezielle Belegstellen anführe und im übrigen auf genannte Bibliographie verweise. Vgl. Zeitschr. f. anorg. Chem. 39 (1904); 121—151.

die nach meinen ersten Mitteilungen[1]) über diesen Gegenstand erschienen sind, haben daran nichts geändert. Die von Thomas Graham[2]) 1861 geäußerte und seitdem fast allgemein angenommene Anschauung, daß die Kolloide als eine Welt für sich mit besonderer molekularer Konstitution den Kristalloiden gegenüber zu stellen und auch die chemische Wissenschaft damit in zwei getrennte für sich zu pflegende Gebiete zu scheiden sei, teile ich in keiner Weise. Graham selbst hat damit eine heutzutage nicht mehr haltbare Scheidung der mineralischen von den organisierten Stoffen vorgeschwebt[3]); doch hat er diese so scharf ausgedrückte Scheidung in der gleichen Arbeit[4]), ohne es zu merken, selbst widerlegt, indem er am Beispiel des Eiweißes zeigt und betont, „daß in der Natur keine sprungweisen Übergänge vorkommen, und daß die Unterscheidungen zwischen verschiedenen Klassen niemals absolute sind.“ Diese Bemerkung in der überaus wichtigen und so oft zitierten, aber, wie ich glaube, nicht ebensooft gelesenen Arbeit Grahams, war mir besonders wertvoll, weil ich selbst gerade am meisten durch das Unbehagen daran, daß bei ganz analogen Vorgängen chemischer Art so ganz und gar verschiedene und aus dem Rahmen aller chemischen Begriffe und Gesetze fallende Stoffe entstehen sollten, zu meinen Zweifeln veranlaßt worden bin. Und noch merkwürdiger war mir der Schlußsatz der Arbeit, in dem Graham die kolloidalen Erscheinungen mit den damals unbestimmt als katalytischen bezeichneten in Beziehung bringt und sagt: „zur künftigen Erforschung der katalytischen Verwandtschaft müssen wir daher zuerst trachten, Aufklärung über die Osmose zu schaffen.“ Das ist inzwischen durch die physikalische Chemie geschehen und in der Tat gründen sich meine Ausführungen ausschließlich auf die Theorie der wässrigen Lösungen, wie sie in den letzten 17 Jahren ausgebaut worden ist. Ich will versuchen, Ihnen zu zeigen, daß die chemischen Vorgänge bei Bildung der kolloidalen Lösungen, Gele u. s. w. nicht der Art, sondern nur dem Grade nach von den gewöhnlichen chemischen verschieden sind, und daß die kolloidalen Stoffe, weit entfernt, eine Welt für sich zu bilden, sich den übrigen

[1]) Zeitschr. f. Elektro-Chem. VIII (1902), 678—684.
[2]) Phil. Trans. 151 (1861), 183—224.
[3]) a. a. O., S. 183. [4]) S. 223.

Lösungen zwanglos einreihen lassen, so daß sogar umgekehrt die bei Kolloiden zu gewinnenden Anschauungen wertvolle Rückschlüsse auf wässrige Lösungen von Kristalloiden veranlassen werden.

Ich muß nun zuerst versuchen, den Begriff Kolloid möglichst genau festzustellen.

1. Man wendet ihn auf flüssige und auf feste Stoffe an; die flüssigen heißen Hydrosole. Sie gehen infolge bestimmter Eingriffe in feste Stoffe über, die anfangs den Flüssigkeiten sehr nahe stehen, dann mehr und mehr das Aussehen fester Gelatinen gewinnen und daher Gele heißen. Schließlich gehen sie durch Verlust von Wasser in lack- oder glasartige Massen über. Diese können, wie der Opal, Achat, Tabaschir u. s. w., hohe Härtegrade erreichen, sodaß der Begriff des Weichen nicht notwendig[1]) mit dem des Kolloids verknüpft ist.

2. Dagegen sind Kolloide niemals kristallisiert, sondern stets amorph, eine Eigenschaft, die zu den kennzeichnenden gehört. Mit den Kristalloiden sind sie dadurch verknüpft, daß sie aus ihnen durch gleich zu besprechende Reaktionen entstehen und vereinzelt weiterhin wieder in sie übergehen. Auch die Kristalloide entstehen aber in sehr vielen Fällen augenscheinlich aus amorphen schleimigen Niederschlägen oder aus Tröpfchen u. dgl., die nach einiger Zeit erst kristallisieren. So ist z. B. Eis, wenn es bei 0° C. entsteht, nach Graham kolloidal[2])!

3. Kennzeichnend ist ferner, daß gelöste Kolloide, also die Hydrosole, keine der scheinbar gelösten Stoffmenge entsprechende Veränderung des Dampfdruckes, also auch des Gefrier- und Siedepunktes zeigen. Falls also die nicht unbeträchtlichen Mengen Substanz darin wirklich gelöst wären und die Gesetze der Lösungen gültig blieben, würde die Erscheinung auf ein sehr hohes Molekulargewicht hinweisen. Sie ist auch so gedeutet worden. Auch diese Eigenschaft findet sich bei zweifellos kristalloiden Stoffen, wie den Seifen[3]).

4. Diese geringe osmotische Wirkung hängt zusammen mit

---

[1]) Graham, a. a. O., S. 221.

[2]) a. a. O., S. 222.

[3]) F. Krafft, Ber. deutsch. chem. Ges. 32 (1899), 1584—96.

dem Suspensionscharakter der Kolloide, der sich zeigt, wenn man einen Lichtstrahl durch eine kolloidale Lösung schickt. Er wird darin diffus zerstreut und polarisiert, wie es die Art feiner Aufschlemmungen ist. Aber auch diese Eigenschaft ist nicht einzig und allein bei Kolloiden zu bemerken. Denn die kristallinischen Hämoglobine zeigen sie auch; andererseits aber fehlt sie bei dem unzweifelhaft kolloidalen sauren[1]) Kieselsäuresol! Trübungen enthalten ferner alle Lösungen, selbst frisch destilliertes Wasser, wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen werden[2]).

5. Weiter besitzen die Kolloide die Eigenschaft, durch tierische und pflanzliche sogenannte halbdurchlässige Membranen nicht hindurch zu gehen, sodaß sie von Salzen, die durch solche Wände hindurch in Wasser hineindiffundieren, mittels Dialyse getrennt werden können. Für gewöhnlich berücksichtigt man nur die genannten Membranen, wie Darm, Blase, Pergamentpapier. Das ist aber willkürlich! Denn auch Kristalloide vermögen geeignete Membranen nicht zu durchdringen, z. B. Zucker eine solche von Kupferferrocyanid, Baryumsalz eine von Baryumsulfat, Benzol eine aus Wasser. Die Dialyse ist also auch hier durchführbar.

6. Endlich zeichnen sich die Kolloide dadurch aus, daß sie durch Reaktionen entstehen, bei denen man eigentlich andere Dinge, gewöhnlich unlösliche Niederschläge, erwarten sollte. Man nimmt dabei an, daß die erwarteten Stoffe zwar entstehen, aber in einer anderen Form als der gewöhnlichen, d. h. in allotroper Modifikation. Auch hier besteht kein grundsätzlicher Unterschied, da auch manche Kristalloide derart entstehen. Man spricht dann von der Bildung komplexer Salze, bei denen ja auch die üblichen Reaktionen ausbleiben.

Früher immer, jetzt noch zuweilen hat man einen prinzipiellen Unterschied zwischen natürlichen und künstlichen Kolloiden aufgestellt. Ein solcher Unterschied besteht durchaus nicht und kann sachlich gar nicht begründet werden. Ja, ich gehe so weit, zu behaupten, daß auch die organisierten und lebenden Kolloide mit den anderen wesensgleich sind, wo-

[1]) Picton u. Lindner, J. Chem. Soc. 61 (1892), 154.
[2]) W. Spring, Bull. de l'Academie roy. de Belgique 1899, 174—191.

BOSTON MEDICAL
JUN 26 1911

bei natürlich eine Anzahl von neuen Faktoren entsprechend den individuellen Sondereigenschaften, die neben der Eigenschaft als Kolloid vorhanden sind, bei den Reaktionen mitsprechen müssen. Der ganze Unterschied, der diesen verschiedenen Kolloiden zugesprochen wird, liegt im wesentlichen nur in den Kenntnissen, die man über sie besitzt. Bei den künstlichen kennt man die Stoffe und Reaktionen, aus denen sie entstehen, kann sich also auch über das Wesen des Produktes eine Vorstellung bilden, trotzdem die eigentliche Konstitution noch unbekannt bleibt. Bei den natürlichen Kolloiden kennt man weder die Konstitution, noch die Entstehung, nur ihr Verhalten mehr oder weniger genau; doch sind sie für die Forschung sehr wichtig. Bei den lebenden Kolloiden ist man nicht einmal über das Verhalten einig, nur wenige Punkte werden nicht bestritten. Jeder Fortschritt in einem der Gebiete wird die auf dem anderen befruchten.

Am geeignetsten zur Forschung sind vorerst die künstlichen Kolloide. Diese werden dargestellt aus Lösungen von Kristalloiden nach scheinbar ganz einfachen chemischen Reaktionen. Man kann deren sechs Gruppen, auch wohl mehr, unterscheiden, für welche ich einige schematische chemische Gleichungen anführe (Me = Metall, X = Säure).

I. Bildung von Hydroxyden oder Säuren:

$MeX + NaOH = MeOH + NaX$ (Fällung mit Alkali)
$MeX + HOH = MeOH + HX$ (Hydrolyse)
$NaOR + HX = HOR + NaX$ (Abscheidung von Säuren).

II. Bildung von Sulfiden:

$MeX_2 + H_2S = MeS + 2HX$ (Fällung mit H_2S)
$MeO + H_2S = MeS + H_2O$ (Sulfurierung von Aufschlemmungen).

III. Bildung von Chloriden:

Me : Hydrosol + Halog. = Kolloidal. Me : Halog.

IV. Bildung komplexer Körper unaufgeklärter Art:
Berlinerblau u. a.; Saccharate, Tartrate; Gold- etc. purpur.

V. Reduktion von Schwermetall-Salzen:

$$MeX_2 + 2NaOH + R\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{matrix} = Me + 2NaX + R\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow OH\end{matrix} + H_2O$$

(mit Aldehyd)

$MeX_2 + SnCl_2 = Me + SnCl_4$ (mit $SnCl_2$).

VI. Metallzerstäubung unter Wasser. (Bredig).

In allen einschlägigen Fällen sollte im Sinne der Gleichungen „eigentlich“ ein schwerlöslicher Niederschlag entstehen; statt dessen erhält man eine klare und z. T. sehr beständige Lösung oder ein Gel.

Diese Erscheinung kann nun offenbar aus zwei Gesichtspunkten betrachtet werden! Denn entweder sind die angenommenen Gleichungen richtig, dann müssen die entstandenen Körper ganz abweichende und merkwürdige Eigenschaften haben; so ist die Sache bisher einzig und allein betrachtet worden, daher die Forschung nach dem Verhalten der Kolloide; oder aber die angenommenen Gleichungen sind falsch, indem weder die angenommenen Stoffe reagieren, noch auch infolgedessen die erwarteten Produkte entstehen. Diese Möglichkeit scheint bisher noch gar nicht erwogen worden zu sein.

Ist nun in der Tat die Richtigkeit der Gleichungen erwiesen? Ich bestreite das ganz entschieden und stelle daher zuerst die Fragen auf: Woraus und wie entstehen die Kolloide? Ihre Beantwortung führt zur weiteren: Was sind die Kolloide? und dann, wenn man das weiß, lautet die dritte nicht mehr: Wie verhalten sich die Kolloide? sondern sie lautet: Wie müssen sich also die Kolloide verhalten?

Alle künstlichen Kolloide entstehen nun in wässrigen Lösungen. Daher liegt es am nächsten, zu versuchen, ob nicht die Theorie der Lösungen auch hier Aufklärungen gibt. Sagt doch schon Graham[1]): „Die Phänomene der Auflösung eines Salzes oder Kristalloids erscheinen wahrscheinlich alle in der Lösung eines Kolloids, aber sehr abgeschwächt dem Grade nach.“ Leider kannte Graham das Wesen einer wässrigen Lösung noch nicht. Heute aber sind die einschlägigen Theorien ausgebaut. Ich hebe daher kurz die Punkte aus diesen hervor, welche ich zur Grundlage meiner Anschauungen gemacht habe, und will eine einfache Lösung von Chlorkalium und eine von Kupfervitriol in Wasser als Beispiel nehmen.

Wir haben uns nun zuerst zu fragen: Was ist Wasser? Der einfachen Formel H_2O entspricht es keineswegs[2]), ist vielmehr polymer und mindestens $(H_2O)_2$, vielleicht sogar $(H_2O)_4$

[1]) a. a. O., S. 220.

[2]) Ostwald, Lehrb. d. allg. Chem. II. Aufl., I, 543.

zu schreiben. Das folgt auch aus dem periodischen System! Denn da Sauerstoff vor Schwefel steht und H_2S ein erst bei -70^0 siedendes Gas ist, müßte H_2O noch tiefer sieden, falls ihm die einfache Formel zukäme. Ein kleiner Teil des Wassers ist aber einfach molekular, also H_2O, und dieser ist in geringem Grade dissoziiert in die Ionen $H^{\cdot} + OH'$, 1 g Ion in 10^7 Litern; in noch geringerem Grade bestehen auch O''-Ionen, $OH' = O'' + H^{\cdot}$. Somit enthält chemisch reines Wasser schon mindestens 5 Bestandteile, $(H_2O)_2$, H_2O, OH', $H^{\cdot}$, O''. Wasser muß nun in Gefäßen aufbewahrt werden, die meist aus Silikaten bestehen. Diese zersetzt das Wasser und enthält sämtliche Bestandteile der Gefäßfläche. Dampft man 100—200 l destilliertes Wasser, das im Glasballon stand, ein, so bilden sich Flitter, die in der Flüssigkeit schweben und im Sonnenstrahl prächtig glänzen. Ein solches Wasser enthält also Alkalien, Erdalkalien und Kieselsäure. Ferner steht es aber auch mit der Luft in Verbindung, aus der es alle gasförmigen Bestandteile absorbiert und daher u. a. O_2 und CO_2 enthält. In offene Gefäße gelangt Staub, dem allerhand Salze und organische Bestandteile, Fett u. dgl. anhaften. Der Begriff der Reinheit, den man im allgemeinen mit dem des destillierten Wassers verbindet, ist also ein recht relativer. Nur Kohlrausch hat, wenn überhaupt jemand, reines Wasser in der Hand gehabt, und auch das kann Platin enthalten haben.

Gibt man nun KCl oder $CuSO_4$ in Wasser, so lösen sich diese Salze unter Zerfall, d. h. Dissoziation auf. Aus KCl wird dabei $KCl \rightleftarrows K^{\cdot} + Cl'$, aus $CuSO_4 \rightleftarrows Cu^{\cdot\cdot} + SO_4''$. In konzentrierteren Lösungen erfolgen bei KCl in geringerem Grade, bei anderen Stoffen, wie HgCl, $CdCl_2$, reichlicher Polymerisationen und Komplexbildungen, welche die Zahl der Bestandteile vermehren. Bei $CuSO_4$ treten zwei weitere Reaktionen hinzu. Mit Wasser bildet sich: $Cu^{\cdot\cdot} + HOH = OH \cdot Cu^{\cdot} + H^{\cdot}$, $SO_4'' + HOH \rightleftarrows HSO_4' + OH'$, — (oder hier $SO_4'' + H^{\cdot} = HSO_4'$) — d. h. die Ionen erleiden Hydrolyse. Da nun die Ionenbildung erst bei unendlicher Verdünnung vollständig wird und ein umkehrbarer Vorgang ist, der zu einem Gleichgewichtszustand führt, so müssen in jeder Lösung, in der Ionen auftreten, auch diejenigen undissoziierten Stoffe, event. in Stufen, gebildet werden, mit denen die Ionen im Gleichgewichtsverhältnis stehen.

Die Menge der so gebildeten Stoffe ist einerseits begrenzt von ihrem Dissoziationsgrad, d. h. der jeweiligen Verdünnung, andererseits von anderen Bestandteilen der Lösung, welche die Ausbildung bis zu dieser Menge verhindern können. Dann bleibt aber die Neigung zur Bildung dieser Stoffe bestehen und wird befriedigt, sobald entsprechende Ionen auftreten. Dadurch können Reaktionen in ihrem Verlaufe sehr wesentlich geändert werden, wie ich später zeigen werde.

Im gewählten Beispiel nun liegen die Ionen $Cu^{\cdot\cdot}$, $OH \cdot Cu^{\cdot}$, SO_4'', HSO_4', $H^{\cdot}$ und OH' vor; demnach werden sich noch bilden:

$$HSO_4' + H^{\cdot} \rightleftarrows H_2SO_4;$$
$$OH \cdot Cu^{\cdot} + OH' \rightleftarrows Cu(OH)_2.$$

Letzteres kann in zweierlei Art dissoziieren:

a) $Cu(OH)_2 \rightleftarrows HO \cdot Cu^{\cdot\cdot} + OH' \rightleftarrows Cu^{\cdot\cdot} + 2OH'$ oder

b) $Cu(OH)_2 \rightleftarrows HO \cdot CuO' + H^{\cdot} \rightleftarrows CuO_2'' + 2H^{\cdot}$, sodaß auch diese Ionen entstehen können. Beim Kupfersulfat sind sie vielleicht experimentell direkt noch nicht nachgewiesen, aber man weiß ja, daß sich Kupferoxyd zu einem Kuprat in Alkalien löst. Bei anderen amphoteren[1]) Stoffen ist diese Doppelreaktion wohlbekannt. Jede Kupfersulfatlösung enthält ferner Kuproionen und also auch deren Produkte: $Cu^{\cdot}$, $CuOH$, CuO'.

Nach neueren Forschungen[2]) bilden die gelösten Stoffe mit dem Lösungsmittel Verbindungen mehrfacher Art, hier also Hydrate, über die vorerst nichts genaueres ausgesagt werden kann.

Eine in einem Glasgefäß hergestellte an der Luft stehende wässrige Lösung von Kupfervitriol enthält also mindestens 30 verschiedene Dinge.

Sie könnten mir nun entgegnen, daß man doch eine Lösung als homogen bezeichnet, während sie hiernach ein Gemenge ist. Der Ausdruck „homogen" bezieht sich aber nicht auf die chemische Zusammensetzung, sondern auf den physikalischen Zustand und besagt, daß innerhalb der Lösung keine Trennungsflächen ausgebildet sind, wie zwischen Aether und Wasser, sondern die ganze flüssige Phase nur eine Oberfläche besitzt.

[1]) P. Walden, Ber. deutsch. chem. Ges. 34 (1901), 4185—4202; Bredig, Zeitschr. f. Elektro-Chem. 6 (1899), 33.

[2]) W. Biltz, Zeitschr. f. phys. Chem. 40 (1902), 185—221; vgl. auch Graham, Phil. Trans. 151 (1861), 373—386.

In einem genügend klein gewählten Teile dieser Phase würde man natürlich die sämtlichen Gemengteile nebeneinander haben und chemisch somit ein heterogenes Gebilde.

Etwa die Hälfte der Bestandteile einer solchen Lösung ist nur in sehr geringer Menge vorhanden, so daß man geneigt sein wird, ihr jede Wirksamkeit abzusprechen. Und für gewöhnlich ist das ja auch nicht unrichtig, wenn es sich um einfach verlaufende Reaktionen handelt. Wenn man aber die geeigneten Anordnungen trifft, dann werden diese Spuren sehr wohl bemerkbar[1]) und erlangen großen Einfluß. Chlorsilber gehört zu den „unlöslichen" Stoffen und dient daher in der Analyse zur Abscheidung von Ag oder Cl. Gibt man daher AgCl in Wasser, so bemerkt man keinerlei Wirkung, es bleibt scheinbar ungelöst. Dampft man aber größere Mengen der Flüssigkeit ein, dann bleibt ein Rückstand von Chlorsilber, das also doch gelöst worden war. Messungen der Leitfähigkeit des Wassers über Chlorsilber, noch besser elektromotorische Bestimmungen in einer geeigneten Konzentrationskette erlauben direkt die Menge des gelösten Silberions $Ag^{\cdot}$, die ja noch kleiner ist als die des AgCl, zu finden; sie ist 1,2 Mol in $100000 = 10^6$ l H_2O; hat man AgCl nicht in reines Wasser, sondern in $^1/_{10}$ KCl-Lösung gebracht, so werden darin gar nur 1,393 Mol $Ag^{\cdot}$ in 10^{10} l H_2O gelöst. 0,1 Mol Cyansilber ist in 0,1 n-Cyankalium löslich. Trotz dieser reichlichen Mengen ist die Zahl der $Ag^{\cdot}$-Ionen so gering, daß erst in 10^{18} l 1 Mol $Ag^{\cdot}$ vorhanden ist. Die Wirkungen eines Ions sind also durchaus nicht davon abhängig, ob es reichlich oder nur in Spuren vorhanden ist; aber die Umstände sind maßgebend dafür, ob diese Wirkung sich äußern kann. Infolgedessen sind auch alle in einer Lösung überhaupt möglichen Ionen als Dinge zu betrachten, die unter gegebenen günstigen Umständen ihre spezifische Wirkung äußern können.

Fast alle Reaktionen in wässriger Lösung, die man in den gebräuchlichen Gleichungen ausdrückt, sind nun Ionenreaktionen, z. B. die Reaktion:

$$CuSO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + CuCl_2.$$

Streng genommen ist diese Gleichung falsch! Denn die

[1]) W. B. Hardy, Zeitschr. f. phys. Chem. 33 (1900), 388.

reagierenden Stoffe sind gar nicht die in den Symbolen angegebenen: $CuSO_4$ und $BaCl_2$! Soweit diese undissoziiert in der Lösung vorhanden sind, nehmen sie überhaupt an dem chemischen Vorgang direkt gar nicht teil. Die Reaktion erfolgt vielmehr nur zwischen den Ionen $Cu^{\cdot\cdot} + SO_4^{\prime\prime} + Ba^{\cdot\cdot} + 2Cl^{\prime}$. Nun sind aber in jeder der Lösungen $^1/_4$ Hundert Ionen etc. vorhanden, die reagierenden sind also nur ein Teil davon. Trotzdem verläuft die Reaktion aber ganz zu Ende gerade so, als wäre sie nach der als falsch bezeichneten Gleichung vor sich gegangen. Dieser scheinbare Widerspruch klärt sich dahin auf, daß alle diejenigen Bestandteile jeder der Lösungen, welche für die Reaktion in Betracht kommen, durch Gleichgewichtsbedingungen verknüpft sind. Ihre Mengen sind nicht beliebig, sondern durch Temperatur und Konzentration genau vorgeschrieben. Nehmen nun $Ba^{\cdot\cdot}$-ionen die $SO_4^{\prime\prime}$-ionen durch Bildung von $BaSO_4$, welches ausfällt, aus der Lösung fort, so wird aus allen anderen SO_4 oder Ba enthaltenden Anteilen solange $Ba^{\cdot\cdot}$ und $SO_4^{\prime\prime}$ gebildet oder zurückgebildet, bis alle Vorräte erschöpft sind, d. h. die Reaktion praktisch zu Ende gegangen ist. In der Tat sind auch dann noch soviel Teile $BaSO_4 + Ba^{\cdot\cdot} + SO_4^{\prime\prime}$ (bezw. der sich davon ableitenden Stoffe) in der Lösung, als der Löslichkeit des $BaSO_4$ entspricht. Folglich ist auch die rechte Seite der Gleichung streng genommen falsch. Denn $BaSO_4$ ist in verschiedenen Zuständen, gefällt und gelöst vorhanden, und $CuCl_2$ ist seinerseits wieder in eine ganze Reihe von Stoffen dissoziiert. Viele davon sind mit den schon von der Dissoziation des $CuSO_4$ vorhandenen identisch, d. h. haben gar nicht an der Reaktion teilgenommen; andere, wie $CuCl_2$, $CuCl$, $ClCu^{\cdot}$, HCl, haben sich neu gebildet.

In den Gleichungen, welche als kürzester und bequemster Ausdruck von Tatsachen natürlich durchaus ihre volle Berechtigung haben, sind also viele stillschweigende Voraussetzungen enthalten, deren man sich für gewöhnlich gar nicht bewußt bleibt. Die Zahl der Möglichkeiten, und damit der Voraussetzungen, steigt beträchtlich, sobald man es nicht mehr mit so einfachen Salzen wie $CuSO_4$ zu tun hat. Daß man trotzdem mit so einfachen Gleichungen auskommt, beruht, wie gesagt, auf dem Umstand, daß alle Bestandteile durch Gleichgewichtsbedingungen verknüpft sind und somit jederzeit die

reagierenden Ionen restlos aus den anderen Bestandteilen nachgebildet werden. Infolgedessen braucht man sich auch im allgemeinen um die so komplizierten Dissoziationsgebilde gar nicht zu bekümmern, sie reagieren ja alle im gegebenen Fall nur in einer Richtung. Aber wohl muß man sich des Umstandes bewußt bleiben, daß derartige Voraussetzungen in jeder Gleichung implizite liegen. Denn sobald die Bedingung, daß die reagierende Ionenart nachgebildet wird, nicht mehr erfüllt ist, verliert die Gleichung ihre Gültigkeit; ebenso, wenn nicht eine, sondern mehrere Ionenarten gleichzeitig reagieren. Als Nebenreaktionen sind derartige Dinge wohlbekannt und nicht immer beliebt. Ebenso ist die Gleichung hinfällig, wenn durch den Dissoziationsvorgang bezw. seine Folgen, die kristallinisch gelöste Substanz so verändert wurde, daß sie gar nicht mehr die Eigenschaften besitzen kann, welche der für den Kristall giltigen chemischen Formel entsprechen. Endlich können diese Erwägungen auch die rechte Seite der Gleichung betreffen. Die Reagenzien können zwar richtig formuliert sein, die Reaktion kann aber derart verlaufen, daß nicht der angenommene formulierte Stoff, sondern ein anderer entsteht. Dies ist immer der Fall, wenn die Reagenzien andere als die angenommenen Eigenschaften haben. In all diesen Fällen kann das Produkt der Reaktion natürlich unter keinen Umständen die Eigenschaften zeigen, die man erwartet hatte.

Zusammenfassend betone ich also nochmals:

1. Jede wässrige Lösung ist ein sehr kompliziertes Gemenge zahlreicher Stoffe.
2. Die Fähigkeit zur Reaktion ist nicht an die absolute Menge eines Ions gebunden, sondern nur an dessen Gegenwart überhaupt.
3. Jede chemische Gleichung enthält zahlreiche Voraussetzungen, namentlich die, daß alle für die Reaktion in Betracht kommenden Bestandteile durch Gleichgewichtsbedingungen verknüpft sind.

Namentlich der letztere Punkt ist sehr wichtig, denn es genügt, daß an irgend einem der Bestandteile einer Lösung ein nicht umkehrbarer (irreversibler) Vorgang eintritt, um eine angenommene Gleichung umzustoßen.

Dieser Fall tritt bei der Hydrolyse von Schwermetall-

salzen ein! Während diese bei Antimon-, Wismuth- u. a. Salzen zu einem Gleichgewichtszustand führt, sodaß weder die freie Säure neutralisiert, noch Antimon- etc. Hydroxyd gelöst werden kann, ist dem z. B. bei $FeCl_3$-Lösungen u. a. nicht so. Hier lösen sich bis zu 18 Äquivalente $Fe(OH)_3$ und die Säure läßt sich weitgehend neutralisieren, ohne daß Hydroxyd ausfällt. Hier ist also ein irreversibler Vorgang eingetreten, der bei Aufstellung einer Gleichung beobachtet werden muß.

Betrachten wir nun nach diesen Gesichtspunkten die Kolloide, so fällt alsbald auf, daß die Mehrzahl derselben von mehrwertigen Elementen gestellt wird, einige von Edelmetallen. Nur Silber, event. Quecksilber sind mir als einwertige Kolloide bekannt.

Mehrwertige Stoffe geben nun aber besonders zahlreiche Dissoziationsprodukte, sodaß auch die Voraussetzungen für chemische Gleichungen sehr zahlreich werden. Außerdem enthalten die Lösungen, in denen oder durch deren Vereinigung Kolloide entstehen, niemals nur ein Salz gelöst, sondern mindestens eine der Lösungen enthält zwei oder mehr Stoffe. Dieselben können bewußt hineingebracht sein, z. B. beim Neutralisieren einer Metallsalzlösung mit Alkali, Lösen von MeOH in MeX, „Anätzen“ mit KCN oder Säure etc., oder von selbst entstehen, wie bei allen stark hydrolysierten Salzen, Aluminium-, Eisen-, Zinnsalzen, Boraten, Silikaten u. s. w. In der Mehrzahl dieser Fälle ist es nach dem heutigen Stande der Forschung noch vollkommen unmöglich, anzugeben, in welcher Gestalt und Konstitution die einzelnen Komponenten, insbesondere aber die zum Kolloid führenden, eigentlich vorliegen. Ich zögere daher auch nicht, auszusprechen, daß die üblicher Weise gegebenen, von mir schematisch angeführten Gleichungen durchaus hinfällig sind! Niemand kann die Voraussetzungen, welche gerade diese Formulierung verlangt, beweisen; allerdings kann in den meisten Fällen eine andere „richtige“ Gleichung noch nicht gegeben werden, weil die nötigen Untersuchungen dazu noch fehlen. Aber das kann durchaus gesagt werden, daß die reagierenden Stoffe ganz anderer Art sind und infolgedessen auch die Reaktionsprodukte, die nun als Kolloide auftreten.

Da Silber eigentlich das einzige sicher einwertige Metall

ist und dazu von ausgesprochen basischem Charakter, das Kolloide bildet, so muß man rückwärts schließen, daß auch Silber in geringem Grade amphoter ist, und daß seine Lösungen hydrolysiert sind, trotzdem sie neutrale Reaktion zeigen können. Eine Andeutung dafür bieten die Untersuchungen über das Silbervoltameter[1]), bei denen anodisch das Auftreten einer silberhaltigen Säure beobachtet wird. Diese könnte dem hydrolysierten Bestandteil, der ja als Hydroxyd des Silbers erscheinen würde, seine Entstehung verdanken; denn die nach dem Schema $MeOH \rightleftarrows MeO' + H'$ ionisierten Anteile müssen zur Anode wandern, wo sie in stickstoffhaltige Komplexe einzutreten vermögen.

In den oben angeführten Gleichungen ist die übliche Annahme zum Ausdruck gekommen, daß durch die Reaktion ganz bestimmte Stoffe in reiner, aber kolloidaler Form als Sol oder Gel entständen. Diese Kolloide erscheinen zuerst als Hydrosole in löslicher Form und gehen teils von selbst, „spontan", teils beim Erhitzen, teils durch Zusatz von Salzlösungen in die geronnene Form des Hydrogels über, „Gerinnung". Ihr merkwürdiges Verhalten wird dabei in bequemer Weise einer allotropen Modifikation zugeschrieben. Diese Auffassung ist außerordentlich merkwürdig bei Forschern, die doch selber zahlreiche Kolloide in der Hand gehabt haben. Denn die Tatsachen lehren etwas ganz anderes! Als mein Schüler Herr Dr. Kanter[2]) nach Graham kolloidale Kieselsäure darstellen wollte, zeigte sich alsbald, daß mit fortschreitender Reinigung das Hydrosol im Dialysator gelatinierte, daß es also kein reiner Stoff sein konnte, vielmehr die als Verunreinigungen[3]) angesehenen Spuren Chlor oder Natrium wesentlich für den Hydrosolzustand waren. Sowie daher Spuren Natronlauge oder Salzsäure zu einer Lösung, die bereits gelatinieren wollte, zugesetzt wurden, entstand wieder das Hydrosol. Ich selbst habe dann die Angelegenheit untersucht und gefunden[4]), daß ein Kieselsäurehydrosol, je reiner es wird, um so eher ausflockt

[1]) Richards, Collins u. Heimrod, Zeitschr. f. phys. Chem. 32 (1900), 321—347.

[2]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 35 (1903), 16—22.

[3]) Chassevant, C. C. 1904, I, 500.

[4]) Zeitschr. f. Elektro-Chem. 8 (1902), 678—684.

und um so weniger konzentriert werden kann. Ich habe danach die Literatur durchgesehen und nicht einen Fall gefunden, in dem ein reiner Stoff: Hydroxyd, Oxyd, Sulfid, Metall, Säure etc. kolloidal, als Hydrosol, gelöst angenommen werden müßte. Alle enthalten andere Stoffe, deren Gegenwart wesentlich ist, z. B. Alkali, Chlor, organische Verbindungen, Schwefelwasserstoff[1]). Entfernt man diese Stoffe durch Dialyse oder andere Mittel, so geht das Hydrosol ins Hydrogel über. Die Gehalte an „Verunreinigung", bei denen dies eintritt, sind auch bekannt; Graham[2]) besonders gibt sie genau an wie folgt:

p. 205. Zugabe von Salzsäure oder Akali erhöht die Beständigkeit von Kieselgel. 206. Fischleim mit 0,4% Asche, in Salzsäure gelöst und dialysiert, hinterbleibt in dem Maße, wie die Elektrolyte fortgehen, aschefrei, aber als Gel. 207. Thonerdesol gelatiniert häufig auf dem Dialysator, ehe alle Salzsäure entwichen ist. Aus Acetat bereitet, gerinnt es, wenn noch 3,4% Essigsäure (1 : 28,2 Äquiv.) darin sind. Bläut rotes Lackmuspapier. Anders dargestellt, enthält es: (208) 2,8% Säure (1 : 33 Äquiv.) und ist neutral gegen Lackmus. Ferrihydroxyd-Sol (209) enthält noch 1,5% HCl (1 : 30,3 Äquiv.), aus Acetat 5% Eissigsäure; ein anderes Präparat (210) koaguliert, ehe alle Essigsäure fortdialysiert ist. Kupferferrocyanid-Gel (210) enthält Kali. Löst man es in Ammonoxalat und dialysiert, bleibt Ammonoxalat im Dialysat zurück. Berliner-Blau-Gel (211), in Oxalsäure gelöst, enthält nach 12tägiger Dialyse noch 51% Oxalsäure. Kupfersaccharat-Gel enthält nach gutem Auswaschen noch $^1/_2$, das Sol aber 2 Gewichtsteile Zucker. Der Eisensaccharat-Gel (212) hat 78 Teile Fe_2O_3 auf 22 Teile Zucker. Chromoxyd-Sol gerinnt, wenn noch 1,5% HCl (1 : 31,2 Äquiv.) darin sind, während es bei 4,3% HCl (1 : 10,6 Äquiv.) noch besteht. Zinnoxyd (213) ist nach Verlust des Cl ein Gel, Metazinnsäure-Sol enthält eine geringe Menge Salzsäure und gerinnt im Dialysator. Titansäure gelatiniert im Dialysator. Gummi (214) hält Kristalloide im Dialysator zurück. Werden zu 20%

---

[1]) Lindner u. Picton, Journ. Chem. Soc. 61 (1892), 114—136. Picton, ibid. 137—147. Picton u. Lindner, ibid. 148—172.

[2]) Phil. Trans. 151 (1861), 183—224.

Gummilösung 4—5% Salzsäure gegeben, hinterbleibt im Dialysator ein asche- und Cl-freies Sol, eine Säure, die 2,85% K_2CO_3, äquivalent den Aschenbestandteilen, zur Neutralisation braucht. Bei 100° getrocknet, ist diese Säure in Wasser unlöslich geworden, quillt nur (215); führt man Kalk oder Alkali zu, wird sie wieder löslich. Mit Gelatine bildet diese Gummisäure, nicht aber der Rohgummi, ein bei 25° schmelzendes Gel.

Gereinigter Karamel ist ein Gel (215), das durch Alkali wasserlöslich wird und mit 9% Alkali (216) gerade neutral ist; entfernt man das Alkali, so hinterbleibt ein saures Sol, d. h. ein H-Salz!

Eiweiß (217) ist mit Säure dialysiert aschefrei und sauer.

Auch E. Grimaux[1]) macht hierhergehörende Angaben:

Kolloidale Amidobenzoesäure ist löslich in Alkalien, wird durch Kochen nicht verändert, aber von Säuren ausgefällt. 1/20 Vol. Kalkwasser u. a. Stoffe wirken kalt nicht ein, in der Wärme gerinnt die Lösung. CO_2 fällt nicht, wohl aber bei Gegenwart von Elektrolytmengen, die an sich ebenfalls wirkungslos wären, wenn erhitzt wird.

Ibid. 1434—1437. Brenzweinsaurer Harnstoff gibt mit Alkalien ein Hydrosol, auch mit Ammoniak; im Vakuum gelatiniert die ammoniakalische Lösung. CO_2 macht dies Sol gerinnen, ein Luftstrom verflüssigt es wieder.

Ibid. 1485—1488. Alkalisches Ferrihydroxyd-Sol wird von Glyzerin gegen Gerinnung durch Hitze geschützt, abhängig von der Konzentration des Glyzerins; wird diese durch Dialyse vermindert, so wird das Sol zuerst durch Hitze koagulierbar, schließlich gerinnt es spontan im Dialysator. Kurze Behandlung mit CO_2 macht ebenfalls in der Hitze gerinnbar; lange Behandlung erzeugt auch in der Kälte ein Gel, das aber von einem Luftstrom oder im Vakuum oder über KOH wieder verflüssigt wird. Alkali ist neben Glyzerin im Kolloid konstitutiv, ersetzt man es durch das flüchtige Ammoniak, so gelatiniert das Sol bei dessen Abdunsten; ebenso, wenn man die Alkalien durch Alkalikarbonat ersetzt. Eisenreaktionen treten erst ein, nachdem mit Mineralsäuren versetzt wurde, also sind keine Eisenionen vorhanden.

[1]) C. r. 98 (1884), 231—234.

Zahlreiche andere ähnliche Stoffe sind noch weiterhin angegeben.

Ibid. 1540—1542. Kaliumeisentartrat gelatiniert an der Luft durch CO_2. Alkalichloride fällen kalt; in der Wärme löst sich das Gel wieder; HCl macht gerinnen, trotzdem noch alkalische Reaktion herrscht.

Eisenarseniat-Sol gelatiniert in der Hitze, beim Erkalten entsteht wieder das Sol. Bei der Dialyse bildet sich durch Elektrolytverlust ein Gel. Ähnlich mit Borax, Natriumphosphat, Kieselsol.

Nach E. Paternò u. E. Maccuchelli[1]) entsteht Fluorcalcium-Sol durch einen Überschuß von Chlorcalcium aus Fluornatrium.

Wilh. Biltz[2]) gibt an, daß aus Nitraten erhaltene kolloidale Hydroxyde stets Nitrat enthalten. Die Menge desselben wurde nicht quantitativ bestimmt[3]).

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, daß die Verhältnisse alles eher als einfach und leicht zu deuten sind. Hier müssen erst außerordentlich genaue und in vergleichbarer Weise angestellte Untersuchungen den Boden bereiten, auf dem detaillierte theoretische Vorstellungen erwachsen können. Vorerst kann man nur große allgemeine Gesichtspunkte abstrahieren.

Hydrosole sind also keine reinen Stoffe, sondern mindestens aus je einem, meist jedoch aus mehreren basischen und saueren Bestandteilen zusammengesetzt. Durch die Dialyse ist dieser Komplex lediglich von den in der Lösung außerdem noch vorhandenen Elektrolyten getrennt worden, folglich war er schon fertig gebildet in der Lösung vorhanden. Daraus folgt aber weiter, daß in jeder Lösung, die überhaupt Kolloide zu geben vermag, z. B. von Goldchlorid, Eisenchlorid, Aluminiumacetat, Wasserglas u. s. w., das Kolloid schon vorgebildet ist und die Manipulationen, die zu seiner Isolierung führen, nur Veränderungen des Grades, nicht aber der Art an diesem

---

[1]) C. C. 1904, I, 428, 496.

[2]) C. C. 1903, I, 313; Ber. deutsch. chem. Ges. 35 (1903), 4431—4438.

[3]) Vgl. Hanriot, C. C. 1904, I, 1477.

vorgebildeten Anteil hervorbringen. Und daraus folgt, daß man bei jedem Elektrolyten solche Anteile zu vermuten hat und erst besonders festgestellt werden muß, welche Lösungen davon frei sind. Soweit man bisher urteilen kann, scheinen das nur die Alkali-halogenide, -nitrate und event. -sulfate zu sein.

Im Gegensatz zur herrschenden Ansicht fasse ich also die Kolloide, namentlich die Hydrosole, nicht als reine Stoffe auf, sondern als Analoga chemischer Verbindungen[1]) **in verdünnter wässriger Lösung.** Ich nenne sie daher, um den Unterschied zu kennzeichnen, „kolloidale Verbindungen". Sie bilden sich als normale Produkte der Dissoziation und Hydrolyse von Kristalloiden in wässriger Lösung in gesetzmäßiger Weise durch chemische Reaktionen.

Zwei Beispiele, die Bildung des Kieselsäure- und des Ferrihydroxyd-Hydrosols, mögen die gewonnenen Anschauungen verdeutlichen.

Der Kieselsol entsteht in verdünnten Natriumsilikatlösungen durch plötzlichen Zusatz überschüssiger verdünnter Salzsäure. Natriumsilikat, sowohl Na_2SiO_3 als $NaHSiO_3$, ist in wässriger Lösung dissoziiert und hydrolysiert derart, daß etwa die Hälfte des Natriums[2]) frei als Natronlauge, also $NaOH + Na^{\cdot} + OH'$, vorliegt. Folglich muß auch die entsprechende Menge Kieselsäure frei sein, angenommen als H_2SiO_3. Daneben müssen auch SiO_3'' und $HSiO_3'$ Ionen in der Lösung sein. Diese Ionen sind mit der hydrolytisch gebildeten Säure noch im Gleichgewicht, also etwa: $H_2SiO_3 \rightleftarrows H^{\cdot} + HSiO_3' \rightleftarrows 2H^{\cdot} + SiO_3''$; denn beim Versuche, durch Dialyse aus einer 12% $NaHSiO_3$-Lösung die Kieselsäure zu gewinnen, ging, wie auch Graham (l. c. 205) fand, fast alle Kieselsäure durch die Membran. Hier ist also noch kein erheblicher Teil kolloidal vorhanden. Der Grund liegt allein in der Gegenwart der großen Menge Natronlauge. Denn schon durch weit geringere Mengen davon werden große Mengen Kieselgel glatt verflüssigt oder gelöst, wie denn auch

---

[1]) Duclaux, C. C. 1904, I, 491. Graham selbst sah (l. c. 220) in den Kolloiden „mehr als eine reine physikalische Zustandsänderung der Stoffe".

[2]) Hantzsch, Zeitschr. f. anorg. Chem. 30 (1902), 296.

derartige Alkalisilikatlösungen noch große Mengen Kieselgel aufnehmen.

Vermindert man nun im Natriumsilikat die Menge des Natriums unter das Verhältnis $NaHSiO_3$, so erhält man Lösungen, die immer noch alkalisch reagieren, also wiederum hydrolysiert sind. Erst wenn ca. 15 Mol SiO_2 auf 1 NaOH kommen, erhält man neutrale Lösungen. Hier würde also die Hydrolyse aufgehört haben, man hätte nur noch Dissoziation wie bei NaCl. Diese Lösungen erhält man leicht, indem man hoch konzentrierte, d. h. schwach alkalihaltige, dialysierte Kieselsole genau neutralisiert. Solche Lösungen sind nun echte Kolloide, die nicht mehr durch die Membran gehen, und von $NaHSiO_3$ bis zu diesem $NaO \cdot 15SiO_2$ muß es einen stetigen oder, was unwahrscheinlicher ist, plötzlichen Übergang geben, bei dem die Exosmose der Säure aufhört. Versuche darüber fehlen noch. Jedenfalls steht aber am einen Ende die echte Lösung, am anderen die reine Kieselsäure und dazwischen liegen die Zustände mit abnehmender Menge Alkali, von denen 2 ausgezeichnet sind, nämlich der eine, bei dem die Lösung neutral ist, der andere, bei dem das Sol ins Gel übergeht. Dieser Übergang erfolgt nämlich, wenn man der „neutralen kolloidalen Verbindung“ Alkali entzieht, bei einem bestimmten Punkte, abhängig von den äußeren Umständen, nachdem vorher die Lösung sauer zu reagieren anfing. Jedes nach Graham dargestellte Kieselsol reagiert auch sauer auf Lakmus. Setzt man aber überschüssige Säure zu, dann hat man wieder ein Sol, das nun durch vorsichtige Entziehung der Säure zum Gerinnen kommt.

Arbeitet man so, daß die Neutralisationsprodukte, hier also Kochsalz, in der Lösung bleiben, so bleibt die Erscheinung im allgemeinen die gleiche. Doch verschieben sich die Übergangspunkte etwas, weil das Kochsalz gerinnen macht, also vorzeitig zum Gel führt. Daher fällt aus gewöhnlichem Wasserglas in nicht zu großer Verdünnung sofort ein Gel aus, wenn man mit Salzsäure genau neutralisiert. Gibt man aber eine bestimmte Menge Salzsäure weniger oder mehr zu als die dem Alkali äquivalente, dann hat man das Hydrosol, in dem nun der Kieselsäureteil nicht mehr durch die Membran geht. Jede weitere Annäherung an den „Neutralpunkt“, welcher der

äquivalenten Menge Säure entspricht, führt je mehr, um so schneller zur Gerinnung.

Aus dieser Darstellung folgt, daß die Gleichung:

$$Na_2SiO_3 + 2HCl = H_2SiO_3 + 2NaCl$$

die Vorgänge durchaus nicht wiedergibt. Denn bis zum Verhältnis 1 Na : 15 SiO_2 erfolgen die Vorgänge:

1. $SiO_3'' + 2H_2O = H_2SiO_3 + 2OH'$, d. h. Hydrolyse,
2. $OH' + H' = H_2O$, Neutralisation von NaOH durch HCl

und die eigentlich zum Gel führende Reaktion wäre etwa[1]):

$$Na_2O(SiO_2)_{30} + 2HCl = H_2O(SiO_2)_{30} + 2NaCl,$$

wobei man über den Zustand des Silikatteiles vorerst keine Vorstellung besitzt.

Das Hydrosol, welches durch Zusatz überschüssiger Säure entsteht, ist ähnlich wie $Na_2O(SiO_2)_{30}$ eine Art Chlorid, also ein Derivat des Hydroxyds $Si(OH)_4$ und mag durch $[Si(OH)_4]_n \cdot Si\overset{(OH)_3}{Cl}$ angedeutet werden. Hier liegt ein Verhältnis von ungefähr 1 Cl : 30 SiO_2 vor. Ein derartiger Körper würde aber entstehen, wenn man $SiCl_4$ in Wasser löste, wobei es zersetzt wird in Salzsäure und ein chlorhaltiges Kieselsäurederivat; da $Si(OH)_4$ nur eine sehr schwache Base sein kann, vermag es auch nur mit einer sehr geringen Cl'-Konzentration im Gleichgewicht zu bleiben. Auch dieses saure Sol ist also nach der Theorie der Lösungen durchaus verständlich.

Das Hydrosol des Ferrihydroxyds entsteht in gleicher Art in Eisenchloridlösungen. Diese reagieren stets sauer, enthalten also freie Salzsäure und können noch bis zu 18 Äquivalenten $Fe(OH)_3$ lösen. Die Salzsäure kann man entfernen, indem man z. B. mit Na_2CO_3 vorsichtig neutralisiert. Dann muß eine Art $[Fe(OH)_3]_n \cdot Fe\overset{(OH)_2}{Cl}$ als neutraler Körper übrigbleiben. Entfernt man mehr Cl, so muß der Körper alkalisch reagieren, wie die analoge Aluminiumverbindung[2]). Ist alles Cl neutralisiert, so entsteht das $Fe(OH)_3$-Gel; das Hydrosol ist bis ca. 1 Cl : 10 Fe beständig. Auch hier besteht besonders bei Gegenwart organischer Säuren, ein alkalischer Sol,

[1]) $Na_2O \cdot (SiO_2)_{30}$ u. s. w. soll natürlich keine Konstitutionsformel sein!

[2]) Graham, a. a. O., S. 207.

in dem also $Fe(OH)_3$ als Säure auftritt, analog wie in den Ferraten.

Die gewählten Beispiele zeigen deutlich, daß man den Solzustand von sauren und von alkalischen Lösungen aus erreichen kann, und daß in beiden Fällen der Kolloidteil außer seinem, ich möchte sagen, natürlichen Hydrosol, in dem $Fe(OH)_3$ als Base, SiO_2 als Säure auftritt, auch ein anderes bildet, in dem die Eigenschaften vertauscht sind. Das ist eine sehr wichtige Beobachtung, denn fast alle Kolloide erweisen sich als derartige amphotere Stoffe, die je nach den Umständen als Basis oder als Säure reagieren können; die gleiche Eigenschaft besitzen natürlich auch Kristalloide.

Die Beispiele zeigen aber ferner, daß man an der Hand der Theorie der Lösungen die Bildung des Hydrosols von beiden Seiten aus theoretisch verfolgen kann, sobald man eine kristallisierte Verbindung aus den Komponenten kennt (oder annimmt), hier also Na_2SiO_3 und $SiCl_4$, bezw. $FeCl_3$ und $Fe(OK)_3$.

Die Konstitution des Kolloidteiles bleibt dabei allerdings noch dunkel. Aber niemand ist heutzutage in der Lage, die Konstitution der Bestandteile einer Lösung auch nur des einfachsten Kristalloids einwandfrei anzugeben!

Dagegen kann kein Zweifel mehr bestehen, daß man es hier mit chemischen Reaktionen zu tun hat. Folglich darf man auch die reiche Mannigfaltigkeit erwarten, die uns bei solchen geläufig ist. Und in der Tat findet man auch alle möglichen Kombinationen, auf die ich später noch näher einzugehen haben werde.

Vorher will ich den Übergang des Hydrosols in das Hydrogel näher beleuchten, der einer Fällungsreaktion analog ist, sodaß ein Gel dem Sol gegenüber den festen Zustand darstellt.

Bei jedem Übergang eines flüssigen Stoffes in einen festen müssen unbedingt zuerst die denkbar kleinsten Teilchen, also etwa die Moleküle, fest werden; sie bilden die „Keime (Zentren)“ bei den Kristalloiden. Kristallisiert z. B. die konzentrierte Lösung eines Elektrolyten, so sind es die undissoziierten Anteile, die fest werden, weil sie sich durch den Rückgang der Dissoziation über ihre Löslichkeit hinaus vermehren. Diese auch mikro-

skopisch meist[1]) unsichtbaren Teilchen schließen sich nun alsbald zu makroskopischen Gebilden zusammen, die dann, sei es amorph, sei es kristallinisch, zu Boden sinken; über dem Bodenkörper steht die klare Flüssigkeit. In vielen Fällen erfolgt fast augenblicklich völlige Abscheidung, in anderen dauert dies eine Weile, in einigen Fällen aber sehr lange, z. B. bei der phosphorsauren Ammon-Magnesia.

Auch bei der Gelbildung werden zuerst kleinste Teilchen fest, aber sie bleiben in der Flüssigkeit schweben, ohne sich alsbald zu größeren Gebilden zu vereinigen; dabei soll die Viskosität der Flüssigkeit mitsprechen[2]). So täuschen sie eine klare, höchstens opalisierende Lösung vor. Schickt man aber einen Lichtstrahl durch die Lösung, so verrät dessen diffuse Zerstreuung die Anwesenheit der festen Teilchen. Dabei muß man überhaupt beachten, daß makroskopisch getrübte Sole, besonders wenn die Trübung kräftig ist, keinen konstanten Zustand vorstellen. Läßt man dieselben längere Zeit, oft nur 24 Stunden stehen, so hat sich eine wesentliche Klärung vollzogen, die nicht auf chemischer Ausflockung, sondern auf rein mechanischer Sedimentierung beruht; derartige Flüssigkeiten kann man nun nicht mehr den Hydrosolen zuzählen.

Diese Erscheinung tritt besonders auf, wenn man Gele, z. B. SiO_2, wiederholt Tage lang mit Wasser kocht. Dann kommt bei bestimmtem Reinheitsgrad ein Zeitpunkt, in dem eine feine Aufschlemmung entsteht, die vielfach als Auflösung betrachtet worden ist. Man kann sie zuweilen klären, wenn man zuerst das nun gewöhnlich flockig gewordene Gel aufs Filter bringt und durch dieses die trübe Flüssigkeit event. mehrfach durchfiltriert.

Das Hydrosol hat also den Charakter einer Suspension, doch kann man nicht ohne weiteres angeben, wie viel vom Kolloid schon suspendiert, d. h. fest geworden, wie viel noch gelöst ist[3]). Dampft man also z. B. ab und wägt den

---

[1]) Picton, Journ. Chem. Soc. 61 (1892), 137—147.

[2]) Arthur Müller, Ber. deutsch. chem. Ges. 37 (1904), 11; vgl. ferner Hardy, Zeitschr. f. phys. Chem. 33 (1900), 399.

[3]) Auch Hardy betont die Löslichkeit! Zeitschr. f. phys. Chem. 33 (1900), 386.

Rückstand, so gibt der Befund nicht die Konzentration des Hydrosols an gelöstem Stoff an.

Darüber muß man sich klar sein, um die Erscheinung, daß Hydrosole so geringe osmotische Wirkungen, z. B. geringe Gefrier- und Siedepunktsänderungen, zeigen, richtig zu beurteilen. Nur die gelösten Teile können sie ja verursachen, nicht die suspendierten. Wie viel aber gelöst ist, weiß man ja gar nicht! Da nun möglichst reine Gele sehr wenig löslich sind und das Gel im wesentlichen die Vereinigung der suspendierten, schon vorhandenen Teile zu einem größeren Gebilde vorstellt, so darf man folgern, dass auch von solch einem Hydrosol nur sehr wenig gelöst sein wird. Dann kann aber auch nur eine geringe osmotische Wirkung stattfinden, und dann sind diese geringen Wirkungen durchaus kein Beweis eines hohen Molekulargewichtes des Kolloids.

Denn da wässrige Lösungen bei der kryoskopischen oder ebullioskopischen Bestimmung, z. B. im Beckmannschen Apparat, an und für sich sehr viele Schwierigkeiten bereiten, so wird man trotz der Möglichkeit, am Beckmannschen Thermometer noch 0,001° zu schätzen, eine Genauigkeit über 0,01° ohne besondere Maßregeln schwerlich erreichen. Nehmen wir aber an, man könne 0,0019° noch garantieren, dann würde bei einer Löslichkeit von 0,1% das Molekulargewicht 1000, bei einer solchen von 0,01% das Molekulargewicht 100 diese Depression erzeugen. Und zwischen diesen Werten bewegen sich die Gehalte (nicht Löslichkeiten!) recht reiner Sole oder Gelfiltrate. Ein Molekulargewicht von einigen Hunderten würde also schon für gewöhnlich keine Ablesungen mehr gestatten. Damit will ich nicht sagen, daß die Kolloide kein hohes Molekulargewicht haben können, — in einigen Fällen weisen ja chemische Gründe darauf hin, wie beim Eiweiß, — sondern nur, daß die genannten Methoden darüber keine Auskunft geben, um so weniger als die unbekannten Verunreinigungen, Aschenbestandteile etc. hier unkontrollierbare Fehler bedingen[1]).

Da die Gerinnung eintritt durch Entfernen der Verunreinigungen, d. h. Solbildner, so könnte ein Gel möglicherweise

---

[1]) A. Sabanejew u. N. Alexandrow, Ann. d. Phys. u. Chem. Beibl. 15 (1891), 635, 755.

rein sein[1]). Es ist ja auch gewöhnlich sehr viel reiner als das Sol. Ob es aber überhaupt gelingt, ein Gel ganz rein zu bekommen, kann ich nicht sagen. Beim Kieselgel gelang mir das bisher noch nicht, schon deshalb, weil ich Glasgefäße benutzen muß. Nur bei Verwendung von geschlossenen Platingeräten könnte diese Frage entschieden werden.

Der Übergang eines Sols in die größere zusammenhängende Masse des Gels braucht zuweilen viel Zeit. Dies hat zu der Meinung geführt, daß überhaupt alle Reaktionen bei Kolloiden sehr träge verliefen.

Indessen muß man dabei doch sehr wohl unterscheiden, ob in der Tat die Reaktion träge erfolgt, oder ob die Erscheinung nicht andere Ursachen hat.

Wird z. B. eine Leimsubstanz geschmolzen und dann wieder abgekühlt, so dauert es nicht nur längere Zeit, bis sie wieder erstarrt, sondern sie bedarf dazu auch einer bestimmten Unterkühlung unter die vorher beobachtete Schmelztemperatur. Wiederholt man den Vorgang häufig oder hält man die flüssige Leimsubstanz einige Zeit auf höherer Temperatur, dann wird sie beim Abkühlen immer schwieriger fest, eine Erscheinung, die als Einfluß der Vorgeschichte des Gels auch in anderen Fällen wohlbekannt ist. Auch das „Alter" eines Gels — (van Bemmelen) — ist auf seine Reaktionen von Einfluß, eine Sache, die sich aus dem Gesagten ergibt. Denn ein solches Gel ist ja lange Zeit bei Zimmertemperatur gewesen und hat infolgedessen einen bestimmten Endzustand erreicht. Wird es nun in andere Bedingungen versetzt, so wird dieser Zustand gestört, und dies muß auf die Reaktionen einwirken. Ob daher Leim etc. einen bestimmten Schmelzpunkt hat oder nicht, kann man nicht so ohne weiteres entscheiden, weil ja die Zustandsänderung beim Erwärmen sofort einsetzt; man kann aber jedenfalls auch nicht ohne weiteres behaupten, daß kein Schmelzpunkt vorliege[2]), weil der Übergang fest → flüssig nicht

---

[1]) Gele sind von ihren Solen deutlich chemisch verschieden, da in ihnen die Solbildner fehlen oder vermindert sind. Man kann daher auch nicht von einem Gleichgewicht Sol $\rightleftarrows$ Gel sprechen, wenn keine chemischen Reaktionen eintreten. Vgl. P. v. Schröder, Zeitschr. f. phys. Chem. 45 (1903), 75—117.

[2]) Die durch P. v. Schröder (Zeitschr. f. phys. Chem. 45 (1903),

diskontinuierlich bei bestimmter Temperatur erfolgt. Denn nach dem Gesagten kann das ja unmöglich der Fall sein. Außerdem führt Graham ein bei 25° C. schmelzendes Gel aus Gelatine und Gummisäure an (a. a. O., S. 215). Andererseits aber kann die Erscheinung auch als Homogenwerden eines heterogenen Systems aufgefaßt werden[1]).

Welcher Art diese Zustandsänderungen sind, kann nicht gesagt werden, da systematische Untersuchungen noch fehlen. Bei diesen müßten Teile eines in bestimmter reproduzierbarer Weise dargestellten Kolloids dauernd z. B. bei 0°, 25°, 50°, 100° aufbewahrt und nun auf bestimmte Reaktionen hin lange Zeit kontrolliert werden. Mir fehlen leider alle Apparaturen zu solchen Untersuchungen, zumal einwandfreie Ergebnisse auch hier nur in geschlossenen Platingefäßen zu gewinnen sind.

Wohl aber kann aus der Erscheinung selbst gefolgert werden, daß die Kolloide unter dem Einfluß von Wärme etc. Veränderungen erleiden. Auch das ist eine Folgerung meiner Anschauungen; denn in jeder wässrigen Lösung werden durch Erwärmung die Gleichgewichte verschoben und damit die Dissoziationsprodukte geändert. Ist nun das Kolloid ein derartiges Dissoziationsprodukt, das nur aus dem in einer Lösung vorliegenden Gemisch herausgehoben wurde, so muß es ebenfalls Veränderungen durch die Temperatur erleiden. Denn die Produkte, mit denen es selbst im Gleichgewicht steht, müssen ja in der Flüssigkeit stets vorhanden sein. Und daß etwaige Gleichgewichtszustände oft sehr langsam erreicht werden, ist wohlbekannt. Die Trägheit beruht hier also auf einer Zustandsänderung.

Wenn aber ein Hydrosol an der Luft oder in einer Flasche nach Wochen gerinnt, so ist damit noch keineswegs die Trägheit einer Reaktion bewiesen.

Die vorher beschriebenen Kiesel-, bezw. Ferrihydrosole zeigen z. B. diese Erscheinung. Bei denselben muß also das Alkali bezw. der Cl-Rest neutralisiert worden sein. Nun er-

75—117) vertretene Ansicht, hier liege ein Gleichgewicht Sol $\rightleftarrows$ Gel vor, ist noch unbewiesen, da ein Gel sich chemisch von einem Sol unterscheidet. Vgl. vorher.

[1]) F. Hardy, Zeitschr. f. phys. Chem. 33 (1900), 326—343.

folgt bei Zusatz von etwas Säure, z. B. einigen Blasen Kohlensäure, bezw. von Alkali, z. B. etwas Ammoniak, die Gerinnung augenblicklich; von einer Trägheit der Reaktion ist da also gar keine Rede. Stehen die Lösungen in Glasflaschen, so kann Kohlensäure aus der Luft nur durch den Stopfen — CO_2 diffundiert bekanntlich auch durch Gummi — hinzutreten, Säure nur durch das Alkali des Glases neutralisiert werden[1]). Hier ist die scheinbare Trägheit der Reaktion also bedingt durch die langsame Zufuhr des Reagens. Daß zeitliche Vorgänge möglich sind, haben Kohlrausch[2]) und Freundlich[3]) nachgewiesen.

Um ein sicheres Urteil über derartige Vorgänge zu gewinnen, muß man daher immer die Art der Reaktion untersuchen. Offenbar können schon rein physikalische Vorgänge eine Gelatinierung bewirken, da diese ja nur in einem Zusammenschluß vorhandener kleiner schwebender Teilchen zu größeren Gebilden[4]) zu bestehen braucht. Alle Einwirkungen, welche diesen Vorgang fördern, können also auch zum Gel führen.

Hierher gehört vor allem die Entziehung des Lösungsmittels, daher tritt beim Konzentrieren, auch in der Kälte über Schwefelsäure, schließlich Gerinnung ein. Indessen kann man die Erscheinung auch mit der Löslichkeit in Beziehung bringen. Denn durch das Einengen wird ja feste Substanz ausgeschieden, folglich die Zahl der schwebenden Teilchen vermehrt und diese so einander genähert. Die Entziehung des Wassers kann auch durch Chemikalien bewirkt werden. So wirkt zuweilen z. B. Alkohol absol.; in vielen Fällen allerdings bildet er ein Alkoholosol. Offenbar kann auch eine Salzlösung ähnlich wirken, und in Fällen, wo erst reichliche Konzentrationen ausflocken, wird man darauf zu achten haben.

Auch beim Erwärmen wird ja die Lösung eingeengt, doch kann die Gerinnung durch Wärme schon darauf beruhen, daß die schwebenden Teilchen in lebhafte Bewegung geraten und daher leichter zusammengehen können. Man kann dabei

[1]) Arrhenius, Zeitschr. f. phys. Chem. 4 (1889), 238.
[2]) Zeitschr. f. phys. Chem. 12 (1893), 773—791.
[3]) Ibid. 44 (1903), 144.
[4]) Picton u. Lindner, s. Hardy, a. a. O., S. 389.

auch Anhydridbildung annehmen, die ja z. B. bei Antimon unter Wasser möglich ist. Endlich könnte man an einen Zerfall von Hydraten denken, ähnlich denen, die in Lösungen (nicht in Kristallen!) angenommen werden dürfen.

Von besonderer Bedeutung wird die Erwärmung, weil Dissoziation und Hydrolyse von der Temperatur abhängen, dort, wo die Gerinnung aus chemischen Ursachen erfolgt.

Nur diese durch zugesetzte Salze bewirkten Reaktionen[1]) können den ersten Übergang der kleinsten Teilchen in den festen Zustand, in dem sie dann schweben bleiben, bewirken, wie ich es an den zwei Beispielen gezeigt habe. Hydrosole be- und ent-stehen also ausschließlich durch chemische Ursachen.

Gele entstehen aus ihnen daher auch vorzugsweise durch chemische Reaktionen, die selbst dann, wenn scheinbar nur physikalische Ursachen einwirken, nachweisbar mitspielen.

Da die Hydrosole durch geringe Mengen bald von Säuren, bald von Basen im Solzustand gehalten werden, kommt der Gehalt der Reagentien an H'- bezw. OH'-Ionen vor allem in Betracht. Die Fällung nimmt dann den Charakter einer Neutralisierung an. Dabei können offenbar mehrere Fälle eintreten. Entweder wird der Kolloidteil neutralisiert, wie z. B. bei Gummi, Karamel u. a., dann muß das Gel neutral sein; oder es wird der Solbildner neutralisiert, dann wird entsprechend den schematischen Gleichungen:

$$\text{Na}\cdot\text{Coll} + \text{H}\cdot\text{X} = \text{H}\cdot\text{Coll} + \text{Na}\cdot\text{X}$$
$$\text{Coll}\cdot\text{X} + \text{Na}\cdot\text{OH} = \text{Coll}\cdot\text{OH} + \text{Na}\cdot\text{X}$$

das Gel sauer, wie bei Kieselsäure, oder alkalisch, wie bei Tonerde reagieren.

Ähnlich den Säuren und Basen müssen natürlich auch alle hydrolysierten Salzlösungen wirken. Dadurch werden Kolloide zu empfindlichen Indikatoren auf Hydrolyse. Dies zeigen Beobachtungen von Posternack[2]) u. a., die hier genauer besprochen werden müssen. Nach ihnen fällen die Alkalihalogenide zunehmend schwerer eine

saure Eiweißlösung in der Reihe NaJ, $NaNO_3$, NaBr, NaCl
alkalische „ „ „ „ NaCl, NaBr, $NaNO_3$, NaJ.

---

[1]) Hardy, S. 391.

[2]) Höber, Phys. Chem. d. Zelle 1902, 164; Hardy, a. a. O. 392.

Zur Ausfällung derselben sauren Lösung sind also die geringsten Mengen einer NaJ, die größten einer NaCl-Lösung notwendig. Wie kann man diese Erscheinung verstehen?

Durch Untersuchungen von Graham[1]), Grimaux[2]), Hardy[3]) u. a. weiß man nun einerseits, daß im Eiweiß der Alkaligehalt konstitutiv ist, andererseits zeigte Hardy[3]), daß Eiweiß, das von Alkali in Lösung gehalten wird, und daher als $Coll'\cdot K^{\cdot}$ Anion ist, durch vorsichtigen Zusatz von Säure erst gefällt, dann wieder gelöst wird, nun aber als Kation: $Coll^{\cdot}\cdot X'$. Bei erneuertem vorsichtigen Zusatz von Alkali kann das Spiel mehrfach wiederholt werden. Die Ausflockung kennzeichnet also den Zustand, in dem das Eiweiß weder ausgesprochenes Anion noch Kation ist, sondern wohl gerade neutral. Dies kann durch die schematischen Formeln $Coll\overset{OH}{H}$, $Coll\overset{OH}{K}$, $Coll\overset{X}{H}$, $Coll\overset{X}{K}$ angedeutet werden. Dieser neutrale Körper löst sich also durch Säuren und durch Alkalien; dies kann dann nur durch folgende schematische Gleichungen dargestellt werden:

1. $Coll\overset{OH}{K} + H^{\cdot} + X' \rightleftarrows Coll^{\cdot}{}_{K} + X' + H_2O$; ebenso $Coll\overset{OH}{H}$;

   $Coll\overset{X}{H} + H^{\cdot} + X'$ wirkt nicht; ebenso $Coll\overset{K}{X}$, aus dem höchstens $Coll\overset{H}{X}$ wird.

2. $Coll\overset{OH}{K} + K^{\cdot} + OH'$ wirkt nicht; ebenso $Coll\overset{K}{X}$, aus dem höchstens $Coll\overset{OH}{K}$ wird.

   $Coll\overset{H}{X} + K^{\cdot} + OH' \rightleftarrows Coll'_{X} + K^{\cdot} + H_2O$; ebenso $Coll\overset{OH}{H}$.

Die Gleichungen ergeben zugleich die Grenzen des Vorganges.

Werden im ersten Falle die $H^{\cdot}$, im zweiten die $OH^{\cdot}$ vermehrt, dann löst sich mehr, werden sie vermindert, dann flockt das Kolloid aus. Werden im ersten Falle die X'-Ionen vermehrt, dann tritt Bildung von undissoziiertem $Coll\overset{X}{K}$ ein, damit

---

[1]) Phil. Trans. 151 (1861), 217.
[2]) C. r. 98 (1884), 231—234.
[3]) a. a. O., S. 387 f.

aber Ausflockung. Werden im zweiten die K·-Ionen vermehrt, so hat Bildung von ebenfalls $\mathrm{Coll}\frac{K}{X}$ denselben Effekt. KX-Salze müssen also ebenso ausflocken wie neutralisierende Reagenzien. Wenn sich also die obengeschilderten Unterschiede zeigen, so können diese bei gleichem Kation nur vom Anion herrühren oder von einem Einfluß auf die H· bezw. OH'-Konzentration. Nun hat aber Cl' in saurer Lösung (Fall 1) die geringste, in alkalischer (Fall 2) die kräftigste Wirkung, die sofort plausibel wäre, wenn man neben Cl' noch eine gewisse Menge H· annehmen dürfte[1]). Nun ist in der Tat eine Alkalichloridlösung keineswegs neutral, sondern, wenn auch gering, hydrolysiert und sauer[2]), was nach dem Schema: $Na\cdot + Cl' + H_2O = NaOH + H\cdot + Cl'$ erfolgen muß. Der Vorgang wird um so stärker einsetzen, je stärker das Anion an sich und im Vergleich zum Kation ist. In der genannten Reihe ist nun offenbar J' am schwächsten, folglich auch eine NaJ-Lösung am wenigsten sauer. Sie wird also den Vorgang nach 1. am wenigsten behindern, den nach 2. am wenigsten beschleunigen, wie es den Tatsachen entspricht[3]).

Da auch das Alkali-Ion von Einfluß auf die Hydrolyse ist, muß eine zweite Reihe der Chloride, Bromide etc., abgestuft nach Kationen, bestehen. Dem ist auch so, denn die Wirkung nach 1. nimmt in der Reihe Na·, K·, $NH_4\cdot$, die nach 2. in der Reihe $NH_4\cdot$, K·, Na· ab[4]), weil mit dem schwächsten Kation auch der Höchstbetrag der Hydrolyse, d. h. der H·-Ionen, erreicht wird. Dieselbe Erscheinung zeigen Versuche von Freundlich[5]). Man muß also in einer solchen Lösung undissoziierte NaOH neben undissoziiertem NaCl annehmen; außerdem aber muß nach der Gleichung $HCl \rightleftarrows H\cdot + Cl'$ überall, wo Cl'-Ionen vorliegen, auch undissozierte HCl entstehen, im

---

[1]) Hardy, a. a. O., S. 393.

[2]) E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Ann. der Phys. u. Chem. 64 (1898), 81. G. C. Schmidt, ibid. (IV) 7, (1902), 327.

[3]) In ähnlicher Weise erklären sich auch die von Hardy S. 395 angegebenen Versuche.

[4]) Die Angaben schwanken. Euler gibt Zeitschr. f. phys. Chem. 32 (1900), 356 LiCl, NaCl, KCl.

[5]) Zeitschr. f. phys. Chem. 44 (1903), 135.

Minimum so viel, als die durch Dissoziation des Wassers in der Lösung entstandene H·-Menge zuläßt, steigend mehr, wenn H·-Ionen auftreten können. Denn sowohl die Säure, als die Basis haben das Bestreben, entsprechend den Gleichgewichtsgleichungen undissoziierte Anteile zu bilden. Infolgedessen wird auch die Basis eine OH'-Ionen absorbierende Wirkung ausüben, und zwar dann, wenn mit dem Kation an und für sich eine größere Menge undissoziierter Basis im Gleichgewicht stehen könnte, als nach den Umständen vorliegt. Diese Wirkung wird also umgekehrt mit dem Dissoziationsgrad, d. h. der „Stärke" und im geraden Verhältnis mit der Wertigkeit steigen und event. die Wirkung der H·-Ionen stärken, die der OH'-Ionen schwächen. Dadurch wird die Beurteilung der einschlägigen Erscheinungen erschwert.

Der Betrag, bis zu welchem diesem Bestreben nachgegeben wird, ist in einer reinen Lösung bestimmt durch die Affinität von Kation und Anion, kann also ein für jeden Fall bestimmtes Maximum niemals überschreiten. Daher wird das Bildungsbestreben in vielen Fällen in einer reinen Salzlösung unbefriedigt bleiben müssen, und eine solche Lösung wird, wenn ihr durch Hinzufügen anderer Stoffe Gelegenheit geboten ist, je nachdem OH' oder H· Ionen verbrauchen, sodaß eine Steigerung oder Verminderung der Säuerung oder Alkalinität einzutreten vermag. Besonders stark wird dies Bestreben zu Tage treten bei mehrwertigen Ionen; z. B. will SO''_4 bilden: HSO_4'' und H_2SO_4[1]); ein Metallion $Me(OH)'$ und $Me(OH)_2$.

Nun wird nach Ostwald, Arrhenius[2]) u. a. die durch H· bewirkte Inversion des Rohrzuckers vermindert, wenn SO''_4-Ionen zugeführt werden, offenbar weil SO_4'' die H· verbraucht: $SO_4'' + H· = HSO_4'$; $SO_4'' + 2H· = H_2SO_4$, während es die durch OH' bewirkte Esterverseifung nicht vermindert, weil es dort keine H·-Ionen vorfindet; höchstens könnte es sie beschleunigen, indem es die H·-Ionenkonzentration noch verminderte. Diese Wirkung erfolgt in der Tat, doch kann ich nicht beurteilen, ob man sie hierauf zurückführen darf.

Die Alkalihalogenide aber verbrauchen, wie gesagt, OH',

---

[1]) Euler, Zeitschr. f. phys. Chem, 32 (1900), 355.

[2]) Zeitschr. f. phys. Chem. 28 (1899), 328.

müssen also die Verseifung vermindern, die Inversion event. beschleunigen. Diese Wirkung muß um so stärker sein, je weniger H· oder OH'-Ionen an sich in der Lösung vorhanden sind. Diese Aussagen werden auch durchaus bestätigt. Trotz dieser Übereinstimmung der Tatsachen muß es aber einer besonderen Untersuchung vorbehalten bleiben, ob der Betrag dieser Änderungen sich mit den geschilderten Vorgängen genügend erklären läßt.

Eine Folgerung kann man jedenfalls ziehen! Der „undissoziierte Bestandteil" einer Salzlösung besteht keineswegs nur aus dem unzersetzten Salz, sondern aus einer größeren Anzahl undissoziierter Bestandteile, entsprechend den jeweiligen Verhältnissen in der Lösung. Dadurch werden auch die Beobachtungen verständlich, daß die Lösung eines Doppelsalzes nicht identisch ist mit der gleichkonzentrierten Lösung, gebildet aus den einzelnen Komponenten des Doppelsalzes.

Bei der Gerinnung durch Elektrolyte ist weiter zu untersuchen, ob der Neutralteil (undissoziierter Anteil) oder die Ionen schlechthin und welche davon, oder ob nur der gelöste Stoff überhaupt, vielleicht als Wasser entziehend, oder endlich ob nur bestimmte Ionen oder Produkte derselben wirksam sind. Auch die Steigerung der Verdünnung durch Zusatz anderer Lösungen spricht mit.

Ist die Ausflockung lediglich dadurch bewirkt, daß noch ein weiterer Stoff gelöst wurde, dann muß sie dem osmotischen Gesamtdruck parallel gehen unabhängig von Dissoziation etc.

Ist sie nur Wirkung des Neutralteiles, so muß sie umgekehrt proportional sein dem Dissoziationsgrade und der Konzentration[1]) direkt proportinal. Wirken die Ionen nur durch ihre Ladung (elektrische Theorie der Ausflockung), dann müssen alle Kationen oder Anionen nach ihrer Menge und Ladung, d. h. proportional dem Dissoziationsgrade und der Wertigkeit wirksam, nicht ionisierte Stoffe aber unwirksam sein. (Kaolin: Bodlaender[2]), Spring)[3]).

---

[1]) Pauli s. Höber, 166 und 167.
[2]) Göttinger Nachrichten 1893, 267.
[3]) Naturwiss. Rundschau, 1887 und 1896.

Sind nur bestimmte Ionen, z. B. Cl', SO_4'', HPO_3'', $Ba^{\cdot\cdot}$, $AlOH^{\cdot\cdot}$ wirksam, so müssen alle Salze mit diesen Ionen eine dem Dissoziationsgrad entsprechende Reihe bilden[1]).

Endlich kann die Wertigkeit das entscheidende sein, und in der Tat wirken vielfach einwertige Salze nicht, wohl aber mehrwertige, z. B. gegen Eiweiß[2]).

Scheinbar ist die Entscheidung also einfach zu treffen. Bedenkt man aber, wie zahlreich die Dissoziationsprodukte der Salze sind, von denen ja jedes einen individuellen Einfluß gewinnen kann, und daß ferner Kolloide amphotere Stoffe sind, sodaß immer Anionen und Kationen gleichzeitig nebeneinander, wenn auch in ungleichem Maße, wirken müssen, so kann man nicht bestreiten, daß sehr genaue und systematische Untersuchungen schon für die einfachsten Fälle nötig sind, und daß die Mehrzahl aller Angaben über Ausflockung durch Salze etc. lediglich als erste Orientierung angesehen werden kann.

Dabei ist auch den chemischen Wirkungen[3]) genügendes Augenmerk zu schenken. So wird das durch Alkali im Solzustand gehaltene Kieselsol von Alkalisalzen, auch Sulfaten, langsam, schneller von Metall- und Erdalkalisalzen, sehr schnell von Aluminiumsalzen koaguliert. Da das Kolloid hier selbst Anion ist, darf man die Kationen als wirksam betrachten, und sicher eine vermehrte Wirkung in der Reihe $Na^{\cdot}$, $Ba^{\cdot\cdot}$, $Al^{\cdot\cdot\cdot}$ erwarten. Aber abgesehen davon, daß die Feststellung, wie viel $Ba^{\cdot\cdot}$ oder $Al^{\cdot\cdot\cdot}$ Ionen wirklich vorhanden sind, da ja auch $BaOH^{\cdot}$ und $AlOH^{\cdot\cdot}$ bezw. $Al(OH)_2^{\cdot}$ u. s. w. daneben bestehen müssen, nicht so einfach ist; daß ferner besonders bei Aluminiumsalzen auch die durch Hydrolyse entstandene Säure in Betracht kommt, — und schon CO_2 flockt ja aus — fällt hier ins Gewicht, daß die Alkalisilikate leicht[4]), die Magnesiumsilikate mäßig, die Erdalkali- und Metallsilikate bezw. Alkali-Doppelsilikate wenig[5]), die Aluminiumsilikate aber sehr schwer lös-

---

[1]) Höber, 160 f.

[2]) Hardy, a. a. O., S. 392.

[3]) H. Freundlich, Zeitschr. f. phys. Chem. 44 (1903), 136. Der daselbst geleugnete Einfluß der Hydrolyse ist in dem hier besprochenen Maße in Tabelle 2, S. 135 deutlich zu bemerken.

[4]) Mylius u. Foerster, Ber. deutsch. chem. Ges. 22 (1889), 1092—1105.

[5]) Jordis u. Kanter, Zeitschr. f. anorg. Chem. 35 (1903), 82, 148, 336.

lich sind. Davon legt ja die Natur selbst Zeugnis ab, da die Tonlager (wasserhaltige Aluminiumsilikate) überall die letzten Reste ehemaliger, der Korrosion durch Wasser zum Opfer gefallener Silikatlager sind.

So wird[1]) ein bestimmtes As_2S_3-Sol ausgeflockt von: 1 Mol $AlCl_3$, von rund 930 Mol HCl, HBr, HJ, HNO_3, 3000 Mol H_2SO_4, 7920 Mol Oxalsäure, 39870 Mol Phosphorsäure. Hier muß eine spezifische Wirkung des Aluminiums und nicht der Säure allein vorliegen; die Säurewirkung ist weit schwächer und geht mit dem Dissoziationsgrad.

Auch bei der Ausflockung von Eisenhydroxydsol[2]) spielen offenbar chemische Beziehungen mit, denn Sulfate und besonders Citrate[3]) wirken auffallend stark. Da hier das Kolloid Kation ist, liegt also eine salzbildende Wirkung des Anions vor[4]). Nun scheidet ja jede Eisenvitriollösung an der Luft schwerlösliche basische Salze ab. Diese Zersetzung steigt mit der Verdünnung und ist noch keineswegs aufgeklärt[5]), sondern viel komplizierter[5]), als man meint; in dem verdünnten Eisensol werden solche Prozesse auch vorgehen. Zitronensaures Eisen ist aber an sich schwerlöslich, nur mit freier Säure bestehen Lösungen. Im Überschuß der Zitronensäure muß sich also die Flockung wieder lösen.

Ferner kann auch die ausgesprochene Neigung vieler Körper zur Komplexbildung mitwirken, die ja ebenfalls eine Vergrößerung von kleineren Einzelteilen bewirkt.

Vielfach findet man, daß bei geringem Salzzusatz in der Kälte keine Wirkung erfolgt, wohl aber beim Erwärmen. Hier unterstützen sich offenbar die vorerwähnten Veränderungen, die Wärme am Kolloid bewirkt, und der Fortschritt der Hydrolyse. Andererseits steigt aber auch die Dissoziation. Wirken nun die Dissoziationsprodukte fällend, dann wird Erwärmung die Gerinnung begünstigen. Wirken sie aber lösend, dann kann ein Gel sich verflüssigen.

---

[1]) Höber, a. a. O., S. 160.
[2]) Hardy, a. a. O., S. 392.
[3]) Hardy, a. a. O., S. 388.
[4]) Höber, a. a. O., S. 169.
[5]) Herr Vierling arbeitet unter meiner Leitung darüber.

Zuweilen wirkt Wärme erst verflüssigend[1]), bei höheren Temperaturgraden aber dauernd fällend. In all diesen Fällen muß untersucht werden, ob es sich dabei vielleicht um Gleichgewichte heterogener Phasen handelt[2]).

Die Hydrolyse kann nun auch am Kolloidteil einsetzen! In dem Fall wirkt Verdünnung ausfällend wie bei Eisensolen[3]). Dazu ist natürlich nötig, daß das durch die Hydrolyse gebildete Hydroxyd etc. schwer löslich ist, und es muß offenbar eine Verdünnung geben, wo die Steigerung der Löslichkeit die fortschreitende Hydrolyse kompensiert.

Endlich ist infolge des amphoteren Charakters der Kolloide die Dosierung der Reagenzien von großem Einfluß. So wird z. B. Kieselsol von wenig Säure gefällt, ein Überschuß löst aber das Gel zum Teil wieder auf; setzt man also gleich einen Überschuß zu, dann bleibt die Gerinnung bei genügender Verdünnung überhaupt aus. Aber der Überschuß darf manchmal nicht zu groß sein! Ferrihydroxydgel wird von wenig Salzsäure zum Hydrosol gelöst; ein wenig mehr davon fällt wiederum ein Gel aus, das erst ein großer Überschuß löst[4]). Die Analogie mit der Fällung von Chloriden ist augenscheinlich.

Eine notwendige Folge der geschilderten Reaktionen ist die, daß sich gleichartige, also saure oder basische, Kolloide unberührt lassen, ungleichartige aber ausfällen, also saure die basischen und umgekehrt. So haben die Sole[5]) von: Au, Se, CdS, Sb_2S_3, As_2S_3, SiO_2, Mo-blau, V_2O_5, Sn-säure, Tannin, Anilinblau, sauren Anilinfarben[6]), Karamel, Stärke, Mastix, Schellack sauren Charakter, verhalten sich wie Anionen und wandern unter dem Einfluß einer elektrischen Potentialdifferenz zur Anode hin. Umgekehrt haben die Sole von: $Fe(OH)_3$, $Fe(OH)_2$, Ag_2O, Al_2O_3, $Al(OH)_3$, Cr_2O_3, $Cr(OH)_3$, Th, Zr, Ce, SiO_2[7]), Methylviolett, Magdalarot, Hofmannsviolett, all-

[1]) Grimaux, C. r. 98 (1884), I, 1437.

[2]) van 't Hoff, Vorlesungen I, 40, 1898.

[3]) Grimaux, C. r. 98 (1884), I, 1580.

[4]) Ähnliche Erscheinungen fanden die Herren Neisser u. Friedemann, vgl. unten.

[5]) z. T. nach: Biltz, Chem. Zeitschr. 3 (1903), 87.

[6]) Neisser u. Friedemann, Münchener medizin. Wochenschr. 1904, Nr. 11, Separat. S. 5.

[7]) W. Spring, Bull. de l'Académie roy. de Belgique 1899, 183.

gemein basische Anilinfarben, Hämoglobin, Gelatine[1]) basischen Charakter und sind Kationen. Die Glieder jeder Gruppe können unter sich ohne Fällung gemischt werden, trotzdem sie dabei wesentliche Veränderungen[2]) erleiden oder Verbindungen[3]) eingehen; mit Gliedern der anderen Gruppe entstehen Fällungen oder Gele. Offenbar können auch die entgegengesetzten Teile desselben Kolloids miteinander reagieren, wie Beobachtungen von Eisen-, Gold- u. a. Solen zeigen, auf die ich zurückkomme.

Auch die Umkehrung einer Reaktion beobachtet man, besonders schön bei der Fällung durch Kohlensäure[4]). Brenzweinsaurer Harnstoff bildet ein Hydrosol mit Alkali, das von CO_2 gelatiniert wird; leitet man nun aber kohlensäurefreie Luft ein, so löst sich der Gel wieder. Hier ist das Kolloid also eine Säure ungefähr von der Stärke der Kohlensäure, sodaß ein Gleichgewichtszustand entsteht; CO_2 bildet in der Lösung $CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows H^{\cdot} + HCO_3'$. Der Luftstrom nimmt CO_2 mit, das sich nun nach den Gleichungen zurückbildet und so wird allmählich alle Kohlensäure entfernt und der alte Zustand wiederhergestellt. Schweitzers Reagens, die ammoniakalische Kupferlösung, gibt dialysiert ein Kolloid, das durch NaCl, K_2SO_4 u. a. erst bei 40°—50° gelatiniert wird. Beim Abkühlen entsteht langsam wieder das Sol. Umgekehrt ist es beim Kaliumeisentartratsol, bei dem NaCl kalt ein Gel bildet, das beim Erwärmen gelöst wird und beim Erkalten wieder erscheint.

Während der Druckfertigstellung erhielt ich durch die Freundlichkeit der Verfasser die Arbeit der Herren M. Neisser und Friedemann in einem Separatabzug. Die Herren beobachten die sehr interessante Tatsache, daß bei der Fällung einiger Kolloide mit steigender Verdünnung des fällenden Reagens und auch des gefällten Kolloids Konzentrationen gefunden werden, bei denen die Fällung aufhört, um aber dann — und das ist das merkwürdige — bei noch höherer Verdünnung wieder einzutreten. Diese „Hemmungszone", wie sie von den Verfassern genannt wird, erweitert ihren Umfang mit der Verdünnung. In ihrem Bereiche fällen auch andere Salze in Kon-

[1]) Neisser u. Friedemann, a. a. O., S. 7.
[2]) Graham, a. a. O., S. 215.
[3]) Graham, a. a. O., S. 221.
[4]) Grimaux, C. r. 98 (1884), 1436.

zentrationen nicht, die sonst fällen würden, wenn das Mittel, welches die Hemmung bewirkt, nicht da wäre.

Diese Beobachtungen gehören in dieselbe Gruppe wie die sehr zahlreichen von Grimaux[1]) an organischen Kolloiden, bei denen auch schützende Wirkungen — oder das Gegenteil — vorkommen. Vielleicht hängt dies Gebiet mit den katalytischen Verzögerungen bezw. Giftwirkungen zusammen.

Aus den Versuchen der Verfasser geht nun hervor, daß sich mehrere Wirkungen bei dem Vorgang übereinander lagern. Die eine Wirkung ist abhängig von der Konzentration in der Mischung von Kolloid und fällendem Salz, die sich aber mangels genauerer Angaben nicht berechnen läßt. Sie hört bei bestimmter Verdünnung auf. Ich möchte sie als Salzwirkung schlechthin bezeichnen. Danach setzt eine zweite Wirkung ein, nachdem die Verdünnung mehr oder weniger gestiegen ist, und bewirkt wieder Ausflockung. Es muß also hier ein Produkt der Verdünnung wirken; durch diese steigt aber Dissoziation und Hydrolyse. Die Dissoziation war schon vorher reichlich, sodaß deren Produkte die Erscheinung nicht bewirken können. Also bleiben nur die der Hydrolyse, unter denen sich ja gerade die „kolloidalen Verbindungen" befinden. Diesen muß also die Erscheinung zugeschrieben werden. Und in der Tat fanden die Verfasser, daß das basische Ferrihydroxydsol in konzentrierter Lösung die stets benutzte saure Mastixlösung bei bestimmter Verdünnung nicht mehr ausflockt, wohl aber wieder bei 100mal stärkerer; ähnlich war es, wenn statt Mastix- ein Arsensulfidsol genommen wurde. Also wirkte im Eisenchlorid, das vorher verwendet wurde, nicht der Elektrolyt, sondern eine „kolloidale Verbindung" „hemmend" auf die Fällung.

Auch Anilinfarben zeigten nun ähnliche Erscheinungen derart, daß basische ausfällten, sauere nicht. Die Fällung ist also ein Produkt der Kationen oder ähnlicher Gebilde, die Nichtfällung eine Wirkung der Anionen oder der gleichwertigen Stoffe. Daraus folgt, daß die Verbindung, welche die Ausflockung hemmt, sauren Charakter haben muß. Bevor die Hemmung eintritt, ist auch Säure da, denn die Lösungen

[1]) C. r. 93 (1881), 771; 98 (1884), 231—234, 1434—1437; 1485—1488; 1450—1542; 1578—1581 u. s. w.

von Ferri- oder Aluminiumsalzen reagieren ja stark sauer. Aber die Säure ist offenbar anfangs zu stark und flockt als Elektrolyt aus. Sobald sie genügend verdünnt ist, bleibt das Sol unverändert. Zugleich bildet sich mit steigender Verdünnung immer mehr von der „kolloidalen Verbindung," die nicht nur Säure absorbiert, sondern, wie schon erwähnt, nach Graham direkt alkalisch reagiert. Folglich wird die Flüssigkeit nicht nur absolut, sondern auch relativ ärmer an Säure und schließlich alkalisch, denn bei den genannten Kolloiden ist ja der basische Charakter viel stärker entwickelt als der saure, folglich auch die Dissoziation nach dem Schema a) $Me(OH)_n \rightleftarrows Me^{\cdot} + {}_nOH'$ reichlicher als die nach b) $Me(OH) = MeO' + {}_nH^{\cdot}$. Nun tritt der Moment ein, bei dem das basische Kolloid das saure (Mastix) ausflockt. Wird nun noch weiter verdünnt, so wird eine Verdünnung erreicht, bei der das Kolloid überhaupt nicht mehr ausfällt, d. h. die Ausflockung hört auf. Diese Grenze wird nun gleichzeitig mitbestimmt durch die amphotere Natur des fällenden und des gefällten Kolloids; denn wenn auch die basische Natur bei Eisen- und Aluminiumsolen stärker ist, so ist die saure doch auch vorhanden. Die Dissoziation nach b setzt schwächer ein als die nach a, folglich wird mit steigender Verdünnung relativ zunehmend mehr nach b als nach a noch dissoziieren können, weil bei a der undissoziierte Vorrat entsprechend geringer ist. Folglich wird jetzt wieder der basische Charakter beeinträchtigt und abgeschwächt und dies um so mehr, je reichlicher der Stoff vorhanden, d. h. je höher innerhalb der gegebenen Grenzen die Konzentration ist. Dann muß die „Hemmung" später eintreten, weil die absolute Säuremenge größer ist; sie dauert aber nur kurze Zeit, tritt sogar event. gar nicht auf (Tabelle I, 1. Spalte!), weil die basische Dissoziation gleich kräftig und reichlich einsetzt. Aber die „Gegenreaktion" der sauren Dissoziation ist auch kräftig, sodaß nach gegebener Zeit allmählich der Übergang in unwirksame Verdünnungen erfolgt. Die Erscheinung ist also in hohem Maße von der Verdünnung beider Komponenten abhängig! Bei verdünnteren Lösungen muß die Hemmung früher einsetzen, weil absolut weniger Säure da ist. Sie muß aber auch länger anhalten, weil hier die alkalische Reaktion an sich nur schwächer auftritt und schon von Anfang

an eine reichlichere „Gegenreaktion“ vorhanden ist; daher wird auch im allgemeinen der Bereich, in dem erneut Fällung eintritt, kleiner werden und bei starken Verdünnungen ganz verschwinden müssen.

Auffallend ist nun, daß in der „Hemmungszone“ andere Salze und Säuren weniger ausflockend wirken als sonst, d. h. offenbar in gleichen Verdünnungen. Ich habe schon früher[1]) einen derartigen Fall in Erinnerung gebracht, der sehr merkwürdig erschien. Eine quantitative Durcharbeitung dieser Erscheinungen, die auf tiefgehende Veränderungen hinweisen, wäre sehr wünschenswert; nur muß dabei darauf geachtet werden, in der Mischung stets die gleiche Endkonzentration, bezogen auf die wirksamen Reagenzien, zu haben. Man vergißt sehr leicht, daß die Reagenzien in Lösung zugegeben werden und dadurch die Verdünnung ganz ungeheuer geändert werden kann. Die Verfasser haben durch Auffüllen auf stets gleiches Volumen diesen Fehler vermieden. Über die Erscheinung selbst kann ich mir kein Bild machen; sie wird sehr vielfach in der Literatur angeführt und scheint also ein allgemeines Kennzeichen der Kolloidreaktionen zu sein. Vorerst ist sie nur ein Beweis mehr, wie ungemein schwierig das ganze Gebiet ist, und wie viel zweckmäßiger es sein dürfte, mehr die Sammlung genauer, positiver, experimenteller Tatsachen zu pflegen als auf unzureichende Grundlagen hin weit über die Experimente hinausgehende theoretische Spekulationen zu betreiben.

Die oben gezogenen Folgerungen, welche ich aus meinen Anschauungen über Kolloide direkt ableiten konnte, werden durch die Versuche der Verfasser durchaus bestätigt, sodaß diese mir erst nachträglich bekannt gewordene Arbeit eine angenehme Bestätigung dafür bietet, daß meine Anschauungen zum mindesten brauchbare Arbeitshypothesen vorstellen.

Die Ursachen der Gelbildung sind also sehr mannigfache, und die Erscheinung bedarf noch sehr eingehender Studien, ehe es möglich sein wird, allgemein giltige Gesichtspunkte einwandfrei abzuleiten. Das Studium des Verhaltens der fertig gebildeten Gele genügt dazu allein nicht.

---

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 35 (1903), 21.

Offenbar muß es nun eine Grenze geben, welche ein Hydrosol von einer Lösung trennt; denn das Hydrosol beginnt erst mit dem Übergang der kleinsten Teilchen in den festen Zustand. Ob diese Grenze scharf ist oder nicht, hängt davon ab, ob die Teilchen, was wahrscheinlicher ist, nach und nach oder mit einem Schlage fest werden. Hierüber können vielleicht physikalische Methoden Aufschluß geben. Leitfähigkeitsmessungen sind dazu ungeeignet, denn wie ich am Beispiel des Kiesel- und Eisensols zeigte, wird bei Darstellung eines Kolloids ein Zustand erreicht, bei dem der Kolloidteil sich mehr und mehr der neutralen Reaktion nähert und mit einer kleinen Menge Alkali bezw. Säure verbunden ist. Dann ist er aber sicherlich in Gegenwart der großen Mengen gleichioniger Elektrolyte kaum dissoziiert, wirkt also auf die Leitfähigkeit nicht ein, auch wenn er noch echt gelöst ist. Gibt man nun noch mehr Reagens zu und bildet sich ein Sol, dann kann der Kolloidteil, der schon vorher nicht mehr wirkte, natürlich die Leitfähigkeit erst recht nicht verändern. Die geringen Mengen, die trotzdem auch vom Kolloid gelöst sein müssen, da es unlösliche Körper nicht gibt, kommen dabei nicht in Betracht. Vielleicht können andere elektrische Methoden herangezogen werden, z. B. die sogenannte elektrolytische Konvektion oder Kataphorese[1]).

Coehn[2]) hat beobachtet, daß in einem Eisenhydrosol unter dem Einfluß des elektrischen Stromes ein dunkelroter Anteil langsam zur Anode, ein hellroter rascher zur Kathode wandert. Diese gefärbten Flüssigkeiten stellen offenbar zwei verschiedene Eisenlösungen vor, die sich entsprechend dem amphoteren Charakter des Kolloids gebildet haben, so daß es in der zur Anode wandernden komplexes Anion, in der zur Kathode wandernden komplexes Kation ist. Letzteres ist, da es so viel schneller wandert, offenbar einfacher konstituiert als das Anion, weil mit zunehmendem Molekulargewicht die Wanderungsgeschwindigkeit sinkt.

Coehn hat nun danach getrachtet alle „Verunreinigungen", besonders Cl durch Elektrolyse zu entfernen. Der amphotere Charakter ist dabei natürlich geblieben, nur trat

---

[1]) Picton u. Lindner, J. of Chem. Soc. 70 (1897), 568; Hardy, S. 387.

[2]) Coehn, Zeitschr. f. Elektro-Chem. 4 (1897), 63—66.

an Stelle des Anions Cl' ein OH' ein. Dann wandert also der zu diesem OH' gehörige basische Teil des Kolloids zur Kathode, der saure, dem ein H·-Ion entsprechen muß, zur Anode. Man sieht, dass die Dissoziation dieser Teile nie das Dissoziationsprodukt des Wassers übersteigen kann, weil nie mehr H· und OH'-Ionen nebeneinander bestehen können. Auch Zsigmondy, Lottermoser und Meyer[1]) u. a. haben ähnliches bemerkt. Vor kurzem hat J. C. Blake[2]) gefunden, daß in kolloidalen roten Goldlösungen zuerst eine Wanderung zur Anode stattfindet, sodaß das Gold als Goldsäure irgend welcher Art vorliegt. Dort aber scheidet sich kein Gold ab, vielmehr beginnt von da aus eine Rückwanderung zur Kathode den Goldanionen entgegen. Die Goldkationen fällen nun die Goldanionen aus, und schließlich hat man in der Mitte eine dunkle Wolke, während an Anode und Kathode klare Flüssigkeiten stehen. Die Teilchen in dieser Wolke sind unelektrisch, also offenbar ein undissoziiertes Goldsalz einer Goldsäure. Ähnliche Körper sind ja bei Blei, Zinn etc. auch bekannt.

Diese Erscheinungen sind nach meiner Auffassung ganz normale und nicht erstaunlicher als die Wanderung von Metallen in komplexen Anionen zur Anode oder von Säuren in komplexen Kationen, z. B. $\left[\mathrm{Co}^{(\mathrm{NH_3})_5}_{\mathrm{Cl}}\right]\mathrm{Cl_2}$, oder im explosiven Antimon (aus $SbCl_3$-Lösungen) zur Kathode.

Außerdem muß man beachten, daß die Stoffe, die Kataphorese zeigen, keineswegs indifferent gegen Wasser sind. Denn Glas sendet Kationen Na·, Ca·· etc. ins Wasser, ist daher selber Anion, Schwefel ist sauer[3]), also Anion gegen das Kation H·, Caramel ist nach Graham eine Säure u. s. w.

Der durch die früher genannten Reaktionen bewirkte Übergang eines Sols zum Gel kann nun in verschiedener Weise erfolgen. Es kann sich zuerst ein schleimiger, flockiger event. käsiger Körper bilden, der sich deutlich von der Flüssigkeit abhebt, sei es daß er darin schwebt, sei es daß er zu Boden sinkt. In beiden Fällen kann nunmehr eine Vereinigung zu

---

[1]) Journ. f. prakt. Chem. 56 (1897), 241—247.

[2]) Zeitschr. f. Elektro-Chem. 10 (1904), 129 R; Am. J. of science (4) 14, (1903), 433—441.

[3]) Knoblauch, Zeitschr. f. phys. Chem. 39 (1902), 233.

größeren Gebilden eintreten, indem die Flocken zu einem einheitlichen Körper zusammenfließen oder -kleben. Dies braucht aber nicht notwendig einzutreten. Ich habe hier (Demonstration!) ein flockiges Kieselgel, das nicht zusammenfließt, gebildet durch längeres Digerieren des zu einem klaren Gel zusammengeflossenen in diesem Glase hier. Letzteres ist relativ sehr rein. Weder die Waschwässer geben auf Cl, noch das Gel selbst in der Bunsenflamme auf Natrium eine Reaktion. Nun wurde das Gel — ca. 2 k mit 5% SiO_2 — in einer 6 l-Flasche, die in siedender auf 105° C. eingestellter Kochsalzlösung stand, mehrere Tage mit ca. 4 l Wasser digeriert. Von der überstehenden klaren Flüssigkeit wurde 1 l mehrmals filtriert und in einer Platinschale eingedampft. Der Rückstand von 0,8 g wurde mit Wasser aufgenommen, das nun eine starke Chlor- und Natriumreaktion gab; von letzterem mag ein Teil dem Glase entstammen. Das Gel, das also reiner geworden war, wurde nun wiederholt derart ausgekocht, wobei diese Flocken entstanden.

Diese Beobachtung ist wichtig! Schon Graham[1]) gibt an, daß gelatinöse Hydrate keineswegs immer „kleben" und sich daher zu größeren Massen vereinigen, sondern nur dann, wenn sie in Wasser löslich seien. Er führt die der Gelatine ähnliche „gelose of Payen" als Beispiel an. Gießt man davon wiederholt schichtenweise auf schon erstarrte Teile, so kann man nachher die Lagen ohne weiteres abheben, weil sie nicht aneinander haften. Nun fand ich ja, daß Kieselgele umsoweniger löslich sind, je reiner sie werden, und mein Gel hat ja große Mengen Chlor und Alkali abgegeben. Das würde also Grahams Ansicht bestätigen.

Nun steht gegenwärtig das Problem der Agglutination im Mittelpunkt des Interesses, bei der Bakterien klebend werden, die vorher nicht klebten. Daß es sich dabei um chemische Reaktionen handelt, ist wohl sicher[2]). Nach diesen Befunden und Angaben müßten also dabei die Bakterien[3]) bezw. deren

---

[1]) a. a. O., S. 222.

[2]) Svante Arrhenius, Zeitschr. f. phys. Chem. 46 (1903), 415—426. Ref.: Zeitschr. f. Elektro-Chem. 10 (1904), 111 f.

[3]) Reine Bakterien wandern zur Anode, Agglutininbakterien flocken aus (vgl. Goldsole S. 85). Bechhold, Chem. Zeitschr. 3 (1903), 52.

Kolloidteile weniger „rein“ werden, was auch stimmt, weil das Agglutinin ja aufgenommen wird; zugleich müßte dies Kolloid löslicher geworden sein. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß es, und damit event. die Bakterien selbst, durch starke Agglutinindosen ganz zum Hydrosol würde. Bei Zusatz großer Mengen Serum wird die Agglutination nämlich verhindert[1])! Diese Frage hat Herr Werner Rosenthal schon in Erwägung gezogen, sodaß wir seiner Zeit darüber genaueres wissen werden.

Sollte aber auch diese Auflösung aus irgend welchen Gründen nicht eintreten, so führt meine Schlußfolgerung doch, weiter dazu, daß die die Bakterien lösenden Stoffe, die Lysine offenbar mit den Agglutininen verwandt sein müssen; sie würden dann vollführen, was diese noch nicht fertig bringen. Daher wäre es sehr interessant, zu untersuchen, ob nun vielleicht solche die Bakterien lösenden Stoffe in starker Verdünnung bloß agglutinierend wirken. Auch darüber wird Herr Rosenthal nach Beendigung seiner Untersuchungen wohl Mitteilungen machen können.

Das Gel kann nun zweitens auch spontan entstehen, ohne vorhergehende Flockenbildung und ohne Scheidung in Flüssigkeit und festen Teil, indem die ganze Masse der Flüssigkeit auf einmal zu einer mehr oder weniger festen Masse vom Aussehen des gequollenen Leimes erstarrt. Das ist die typische Gelbildung und das charakterische derselben, daß sich die feste Substanz nicht von der flüssigen scheidet. Die beiden unzweifelhaft nebeneinander bestehenden Phasen bleiben gleichmäßig eine in der anderen verteilt.

Man könnte hier versucht sein in Parallele zu stellen, daß auch Kristalloide in Lösung nach neueren Untersuchungen in einer losen Bindung mit größeren Wassermengen anzunehmen sind[2]). Danach würde das Gel diese amorph erstarrte Lösung vorstellen können. Indessen weiß man über den Zustand des Wassers in diesem Falle noch viel zu wenig. Van Bemmelen[3]) hat indessen in seinen klassischen Arbeiten

---

[1]) Arrhenius, a. a. O., S. 419.

[2]) Biltz, Zeitschr. f. phys. Chem. 40 (1902), 185—221. Rothmund, Zeitschr. f. phys. Chem. 33 (1900), 413.

[3]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 13 (1897); 18 (1898); 20 (1899).

nachgewiesen, daß in Gelen das Wasser nicht diskontinuierlich wie in Kristallen, sondern kontinuierlich abgegeben wird, sodaß Kristallhydrate sicher nicht bestehen; da Kolloide amorph sind, kann man dies auch nicht erwarten. Gegen einen Vergleich der Gele mit den Hydraten, die man in Lösungen annehmen kann, spricht das aber noch nicht, denn Lösungen geben ihr Wasser auch diskontinuierlich und reversibel abhängig vom Dampfdruck der Umgebung ab. Nur mit diesen flüssigen, also auch amorphen Stoffen, könnten aber Gele, die ja zudem anfangs große Wassermengen enthalten, verglichen werden. Die Dampfdruckkurven van Bemmelens zeigen Merkwürdigkeiten, welche auf einfache Weise nicht gedeutet werden können. Denn bei diesen Vorgängen spricht die Struktur der Gele entsprechend mit, die als ein System von Kapillarräumen aufzufassen ist, in denen die Flüssigkeit verweilt. Dabei wird aber ihre Dampfspannung verändert. Zudem sprechen so viele direkte Beweise für den heterogenen Charakter der Sole, daß man die Hydrattheorie in der üblichen Form jedenfalls nicht anwenden kann. Eine schwache Bindung von Wasser nimmt schon Graham[1]) an.

Diese Erscheinung vollkommener Erstarrung der ganzen Lösung beruht zuweilen auf einer besonderen Struktur der kolloidalen Substanz. Dieselbe vereinigt sich nicht zu dichten homogenen 3-dimensionierten Stücken, sondern bildet nur 2-dimensionable Flächen, die sich zu waben- oder netzartiger[2]) Struktur[3]) zusammenschließen, die mikroskopisch beobachtet werden kann. Dabei kann sich zuerst das Kolloid abscheiden und so die Flüssigkeit einschließen, oder es bilden sich zuerst Tropfen der Flüssigkeit, um die herum das Kolloid nachher erstarrt[4]); Quincke hat darüber höchst interessante Beobachtungen angestellt[5]). In den Hohlräumen ist dann die Flüssigkeit eingeschlossen. Darin ähneln also die Gele den Zellen, die ja ebenfalls als amorphe feste Stoffe zu betrachten sind.

Infolge dieser Struktur besitzen die Gele offenbar außer-

---

[1]) a. a. O., S. 223.

[2]) Bütschli, Zeitschr. f. phys. Chem. 35 (1900), 510 R.

[3]) Hardy, J. of Physiol. 24 (1899), 158.

[4]) Diese Verhältnisse dürften sich bei Legierungen wieder finden!

[5]) Wiedemanns Annalen IV, 7 (1902); 9 (1902).

ordentlich große Oberflächen, zeigen infolgedessen alle Oberflächenwirkungen in besonderem Maße. Oberflächen fester Stoffe pflegen nun andere Stoffe auf sich zu verdichten, z. B. Gase, oder in Lösungen Teile der gelösten Körper. Wie diese Wirkung zustande kommt, ob sie namentlich nur physikalischer Art ist, kann man nicht mit Bestimmtheit sagen. Da aber bei den Absorptionsverbindungen chemische Einflüsse durchaus mitsprechen, so würde der Rückschluß, daß auch bei anderen Stoffen wie Graphit, Kohle, feinen Pulvern etc. chemische Wirkungen hineinspielen, nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen sein, zumal ja Knoblauch[1]) nachgewiesen hat, daß die Oberflächen vieler Stoffe in einem auch chemisch nicht indifferenten Zustand sind.

Man wird sich nun die Frage vorzulegen haben, welche chemische Zusammensetzung im Gel die flüssige und die feste Phase besitzt. Diese ist sehr schwer zu beantworten, weil eine Trennung der Phasen große Schwierigkeiten macht, und weil man, wäre die Trennung z. B. durch Auspressen gelungen, nicht sagen kann, daß im Gel dieselben Verhältnisse herrschen, weil man den Einfluß der Oberflächenentfaltung nicht genügend kennt. Da nach meinen Ausführungen der Solzustand an die Gegenwart einer bestimmten Menge eines lösenden Stoffes z. B. Alkali gebunden ist, und unterhalb dieser Grenze der Gel entsteht, so kann er entweder diese kleinere Menge z. B. von Alkali mit in die feste Form übernehmen[2]) oder sie teilweise oder ganz abgeben. Dadurch würden andere Teile um so länger flüssig bleiben können, eine Erscheinung, die gerade Quincke (a. a. O.) fast regelmäßig beobachtet hat. Wird nun das Alkali mehr und mehr aufgezehrt, so wird es aus dem Gel auch mehr und mehr austreten, d. h. die Zusammensetzung ist von der Umgebung abhängig.

Man müßte systematisch von Gelen, die in Flocken erscheinen, über solche, die noch Flüssigkeiten absondern, wie es manche stark verdünnte Gele tun, zu denen vorschreiten, die ganz erstarren, und unter wechselnden Bedingungen Flüssigkeit und Gel studieren. Einiges weiß man ja schon, z. B. daß in

---

[1]) Zeitschr. f. phys. Chem. 39 (1902), 225—244.

[2]) Picton u. Lindner s. Hardy a. a. O., S. 391.

manchen Fällen Verteilung der Elektrolyte stattfindet wie zwischen 2 nicht mischbaren Flüssigkeiten. Aber sichere Schlüsse lassen sich um so weniger ziehen, als die Frage, ob nicht auch bei Gelen ebenso wie bei Solen die „Verunreinigungen" konstitutiver Natur sind, noch offen steht.

Wohl aber gestatten meine Anschauungen über die sogen. Absorptionsverbindungen, welche besonders durch die klassischen Untersuchungen des Herrn van Bemmelen bekannt geworden sind, einige Voraussagen zu treffen. Angenommen, man hätte ein ganz reines Gel ohne jeden Gehalt an fremden Stoffen, also z. B. von reiner Kieselsäure oder reinem Ferrihydroxyd, und brächte es in eine verdünnte Lösung irgend eines Salzes z. B. NaCl, so findet das Gel hier, wie früher ausgeführt, NaCl, $Na^{\cdot}$, $Cl^{\prime}$, $H^{\cdot}$, $OH^{\prime}$, HCl, NaOH u. s. w. vor. Gemäß seiner amphoteren Natur kann es mit allen Anionen und Kationen reagieren. Die Reaktion wird entsprechend der relativen Menge der sauren und basischen Bestandteile in der Lösung erfolgen, und zwar je nach der stärker sauren oder basischen Natur mit den entsprechenden basischen bezw. sauren Stoffen in reichlicherem Maße. Da der Kolloidteil unter allen Umständen nur eine schwache Säure oder Basis ist, so werden die entstehenden Verbindungen auch wenig dissoziiert sein, um so weniger, je schwächer die damit reagierenden Stoffe sind. Daher werden der Lösung bestimmte Mengen Anionen und Kationen entzogen werden und mit dem Kolloid zur kolloidalen Verbindung zusammentreten[1]). Diese kolloidale Verbindung unterliegt natürlich auch der Dissoziation und besonders der Hydrolyse, die ihrerseits wieder beeinflußt werden von der Zahl gleichioniger Salze in der Lösung. Daraus folgt, daß die Zusammensetzung des Kolloidteiles abhängt und variiert mit der Zusammensetzung, Konzentration und Temperatur des Elektrolyten, in den das reine Gel gelegt wurde. Jede Vermehrung eines Ions darin muß es im Gel auch anreichern, jede Verminderung es dem Gel entziehen. Es muß möglich sein, diese Verhältnisse rechnerisch vorherzusagen und dann experimentell zu prüfen.

---

[1]) Fr. Hofmeister, der solche Veränderungen beobachtet hat, spricht von mechanischen Verbindungen. Wiedemanns Ann. Beibl. 15 (1891), 697; Arch. f. exper. Pathol. u. Pharm. 27 (1890), 395—413.

Man kann sich auch vorstellen, daß man z. B. ein K_4SiO_4 und ein $SiCl_4$ nebeneinander in reinem Wasser zu einer bestimmten Verdünnung löst, z. B. in 100 l H_2O; dann werden beide Stoffe dissoziiert, hydrolysiert u. s. w., und es stellt sich schließlich ein Gleichgewichtszustand irgend welcher Art ein. Dieser muß offenbar ganz demjenigen entsprechen, der entsteht, wenn man 4 KCl in 98.12 l Wasser löst und 2 k SiO_2 in Gestalt seines reinen Gels, das 94% Wasser enthält, hineinbringt. Dann hat man sämtliche Komponenten ja wieder in 100 l Wasser. Folglich entsprechen auch die Absorptionsverbindungen durchaus einem Dissoziationsprodukt von Kristalloiden bezw. von definierten chemischen Verbindungen, die man hier kennt, in anderen Fällen sich stets konstruieren kann, um damit zu rechnen. Natürlich kann man das einwandfrei noch nicht in allen Fällen, dazu ist die Theorie der Lösungen noch nicht genügend fortgeschritten, und vielfach liegen ja die Dinge weit komplizierter als im gewählten Beispiel. Aber der Weg ist doch vorgezeichnet, und ich zweifle gar nicht, daß Arbeiten nach dieser Richtung auch die genannte Theorie fördern werden.

Aus den Erörterungen folgt aber noch etwas!

Nach den Untersuchungen Grahams und anderer sind auch die Leimsubstanzen kolloidale Verbindungen von saurem Charakter mit Alkalien, Kalk etc., in denen die Aschen also konstitutiv sind. Daher ist es ganz unmöglich, daß Elektrolyte durch Gelatinen, noch weniger durch Kieselgele u. dgl. ohne Veränderungen hindurch diffundieren können. Diese Veränderungen sind ja nur klein, da große Mengen Gel stets nur geringe Mengen, einige Prozent, Kolloidsubstanz enthalten, und entgehen daher einer nicht besonders darauf gerichteten Untersuchung. Vorhanden müssen sie aber sein, und ich halte das Verfahren, Elektrolyte konstanter Zusammensetzung durch Gele so lange hindurchzutreiben, bis sie mit gleicher Zusammensetzung wieder herauskommen, sehr geeignet, Aufklärung zu bekommen, weil man dadurch nicht nur die Art, sondern auch quantitativ die Menge der absorbierten Stoffe erfahren kann. Eine Durchsicht der Zahlen Grahams zeigt auch, daß in seinen Gelatinen keine gleichmäßige Diffusion stattfand, sondern daß einzelne Teile seiner Salze vorauseilten; doch kann man keine sicheren Berechnungen daraus anstellen.

Dagegen hat R. Denison[1]) kürzlich festgestellt, daß bei Überführungsversuchen, so lange die Gelatine flüssig ist, keine Störung eintritt, daß aber nach dem Erstarren das Anion vermehrt war. Hier gibt die Gelatine eine Verbindung mit dem Kation entsprechend ihrer Säurenatur; dies wirkt wie Vermehrung des Anions, das also auch reichlicher gefunden wird. Oder aber das mit der Gelatine verbundene Kation ist als großer Komplex verlangsamt.

Der Auffassung, daß die Hydrosole kolloidale chemische Verbindungen[2]) sind, kann entgegengehalten werden, daß bei ihnen keine einfachen stöchiometrischen Verhältnisse bemerkt werden, daß die beobachteten, z. B. 1 Na : 15 SiO_2, keiner Formel gerecht werden, daß zudem das Verhältnis mit den Umständen, Verdünnung, Temperatur etc. wechsle.

Dieser Einwand ist aber nicht berechtigt, weil er zwei Dinge vergleicht, die nicht verglichen werden können. Denn die einfachen stöchiometrischen Verhältnisse, wie sie die Formeln NaCl, $CuSO_4$ etc. wiedergeben, kommen nur den festen Salzen zu. Hier haben wir aber Lösungen in z. T. beträchtlicher Verdünnung! Daher ist es nötig, zuerst die beiden zu vergleichenden Stoffe in vergleichbare Zustände zu versetzen, d. h. das kristallisierte Salz zur gleichen Verdünnung zu lösen. Und dann, so zeigte ich Ihnen im Beginne meiner Ausführungen, hat man es mit ganz andern Dingen zu tun als denen, welche die Salzformel ausdrückt. In der Tat sind dann durch Dissoziation, Hydrolyse etc. die Bestandteile der aufgelösten kristallisierten chemischen Verbindung in ein Verhältnis zueinander gebracht worden, das von dem, welches man im Kolloid findet, der Art nach nicht mehr abweicht.

Man muß also den Begriff der „chemischen Verbindung" streng auf das beschränken, was er wirklich umfaßt; daher muß ich ihn hier besprechen.

Beim Studium von Reaktionen pflegt man von kristallisierten Stoffen auszugehen und sucht wiederum kristallisierte Stoffe als Resultat zu erhalten. Nichts ist gefürchteter als die Entstehung von unkristallisierbaren Schmieren. Denn dann „kommt

[1]) Zeitschr. f. phys. Chem. 44 (1903), 575—599; Zeitschr. f. Elektro-Chem. 10 (1904), 102.

[2]) J. Duclaux, C. C. 1904, I, 491.

nichts heraus", und ihre Bildung hat fast regelmäßig den Abbruch der Untersuchung zur Folge. Ob das eigentlich streng wissenschaftlich gerechtfertigt ist, mag dahingestellt sein; jedenfalls bereichert dies Verfahren die Wissenschaft nicht, denn Reaktionen sind ja doch auch bei Bildung der Schmieren offenbar erfolgt, über die aber nie Klarheit gewonnen wird, wenn man vor der Untersuchung aller solcher unpraktikabeln Produkte zurückschreckt. Trotzdem liegt aber diesem Verhalten ein richtiger Gedanke zu grunde. Die meisten Reaktionen erfolgen in Lösungen, in denen aber, wie gezeigt, nicht mehr der ursprünglich zur Lösung gelangte Stoff, sondern allerlei Zersetzungsprodukte enthalten sind. Wie diese im einzelnen reagieren, wenn verschiedene gelöste Stoffe zusammentreffen, kann man ohne weiteres weder sehen noch angeben. Dagegen zeigt sich, daß man nach erfolgter Reaktion aus der Lösung freiwillig oder durch Eindampfen, Ausfällen etc.[1]) einen neuen Stoff gewinnen kann, der, wenn er kristallisiert ist, immer dieselbe Zusammensetzung aufweist, auch wenn die Reagenzien innerhalb ziemlich weiter Grenzen in ihren Mengenverhältnissen variieren. Diese Kristalle sind also kein direkter Ausdruck der Verhältnisse, welche in der Lösung bestehen. Denn der Kristall als feste Phase steht nur mit seinen Komponenten in der Lösung in einem Gleichgewichtsverhältnis, fremde Bestandteile kümmern ihn nur so weit, als sie die Komponenten in der Lösung verändern oder event. isomorph mitkristallisieren. In dem Fall sind sie aber am Gleichgewichte schon mitbeteiligt. Diese auswählende Eigenschaft der Kristallisation ermöglicht ja auch einzig die Reindarstellung von Stoffen. In gewöhnlichen Fällen ist nun in der Tat der gewonnene kristallisierte Stoff ein genügender Ausdruck der Reaktion, solange nämlich die Grenzen nicht überschritten werden, innerhalb derer, wie ich eingangs nachwies, chemische Gleichungen giltig sind. Aber der Fall, daß bei einer chemischen Reaktion auch Dinge vor sich gehen, die eine nachfolgende Kristallisation nicht anzeigt, ist jedenfalls durchaus möglich, und man muß sich dieses Um-

---

[1]) R. P. van Calcar u. C. A. Lobry de Bruyn, Rec. d trav. chim. d. Pays-Bas et de la Belgique 23 (1904), 218—223; ferner: Lobry de Bruyn u. L. K. Wolff, a. a. O., 155—168.

standes bewußt bleiben. Kann man ja doch aus derselben Lösung je nach der Temperatur Kristalle mit ganz verschiedener Zusammensetzung erhalten, besonders bei sogen. Doppelsalzen, und wieder andere bei der Fällung mit Alkohol. Welches ist nun der „eigentlich richtige" Kristall?

Muß man demnach die kristallinisch erhaltenen Stoffe sehr wohl von den Reaktionen trennen, nach denen sie entstehen, so muß man noch viel schärfer unterscheiden zwischen chemischer Verbindung und Kristall. Wir sind durch Vernachlässigung der heute betonten Verhältnisse in Lösungen gewöhnt worden, nur das als richtige chemische Verbindung gelten zu lassen, was kristallisiert werden kann. Das ist aber eine ganz willkürliche Einschränkung[1]), bei der zwei Dinge vermengt werden.

Bei jeder chemischen Reaktion findet ein Ausgleich statt zwischen Energien, die sich auf verschiedenem Potential befinden, so lange, bis die Potentiale gleich geworden, die Potentialdifferenzen verschwunden sind! Wie man sich das vorstellt, ist vorerst an sich ziemlich gleichgiltig, wenn man nur die grundlegende Erscheinung im Auge behält, denn vorerst kann man noch nicht sagen, welche Vorstellung die „richtigste", d. h. zweckmäßigste ist. Man kann also das Bild zweier Kräfte, die einander entgegenwirken, oder von positiven und negativen Eigenschaften, die sich aufheben, oder die Vorstellungen von Affinität, Verwandtschaft etc. beibehalten. Beachten muß man nur, daß in der Tat zahlenmäßige Unterschiede vorliegen, die je nach der Art der chemischen Reaktion sich zu einem gewissen Gesamtwert, dem chemischen Wert, vereinigen. Ist dieser Wert Null, so muß das System inbezug auf chemische Wirkungen in sich abgeglichen sein, etwa wie die Edelgase und einige Stoffe: Paraffin, $Co(NH_3)_3(NO_2)_3$ u. dgl., die als gar nicht oder doch nur höcht schwer reagierend bekannt sind. Auch hier ist der chemische Nullwert abhängig von äußeren Umständen u. dgl.

In grober Annäherung geben die Wertigkeiten von diesen chemischen Kräften, Energien oder, wie man es nennen will, zahlenmäßigen Ausdruck. Aber die notwendige Folgerung, daß demnach 2 einwertige Stoffe = 1 zweiwertigen, 3 ein-

[1]) Vgl. a. F. Wald, Ann. d. Naturphilos. I (1902), 183—216; 470 bis 472.

wertige oder 1 einwertiger + 1 zweiwertiger = 1 dreiwertigen seien, ist durchaus unzutreffend, wie denn ja auch die Lehre von den Partialvalenzen, Koordinationszahlen etc. dem Ausdruck gibt. Die Valenzzahlen beziehen sich auch nicht allein auf die chemischen Eigenschaften, sondern gleichzeitig auf die kristallinischen. Sie geben nur die Grenzen an, innerhalb deren sich die Elemente zugleich chemisch vereinigen und kristallisieren können. In der Tat ist ja Kupfersulfat nur im Kristall $CuSO_4$. Sobald wir es lösen, erhalten wir saure Reaktion! Das heißt aber nichts anderes, als daß der chemische Wert der Säure größer ist als derjenige der Basis. Soda ist nur als Kristall Na_2CO_3, in der Lösung überwiegt der chemische Wert der Basis den der Säure. Daher muß es ein anderes Verhältnis geben, bei dem Säure und Basis sich in ihren chemischen Werten gerade ausgleichen. Und wirklich kann man Lösungen von Schwermetallsalzen, wie $FeCl_3$, $AlCl_3$, u. s. f., die sauer reagieren, neutral machen, indem man weitere Mengen des Metallhydroxydes in der Lösung auflöst. Man hat dann einen Ausgleich der chemischen Werte erreicht, aber die Komponenten stehen nun nicht mehr im einfachen stöchiometrischen Verhältnis zueinander. Läßt man die Lösung kristallisieren, dann schießen Kristalle an, die dieses Verhältnis zeigen, aber wiederum eine sauere Lösung geben. Einen meßbaren Ausdruck finden diese Tatsachen darin, daß der Äquivalent- oder Valenzbegriff bei elektrochemischen Arbeiten durch die Strommenge (Faradaysches Gesetz), der „chemische Wert" dagegen durch die Spannung wiedergegeben wird. (Zersetzungsspannungen, Elektroden-, Reduktions-, Oxydationspotentiale etc.). Er steht in direkter Beziehung zur Ionisierungstendenz; je kleiner diese ist, um so stabiler ist ein Komplex, was ich vorhin ausdrückte, indem ich sagte, daß je abgeglichener die chemischen Werte in einer Verbindung seien, um so geringer die Möglichkeit weiterer chemischer Wirkungen werde.

Die Herren Abegg und Bodlaender[1]) befassen sich mit dem Studium dieser Dinge, welche noch sehr der Aufklärung harren.

Nun ist ja offenbar die Anordnung der kleinsten Teile

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 20 (1899), 453—499 u. neuere Arbeiten.

eines chemischen Stoffes in einem Kristall gar kein Ausdruck chemischer Tatsachen, sondern ein Raumproblem[1]). Für dieses sind einzig und allein die Dimensionen, nicht die chemischen Werte der Komponenten maßgebend. Daher kann nur eine bestimmte Zahl von Teilchen in einem bestimmten Kristall Platz finden, und somit wird die Zusammensetzung einer kristallisierten Verbindung nicht allein von chemischen Einflüssen geregelt. Man darf voraussehen, daß auch da ein gewisser Spielraum vorhanden sein wird. Einige Stoffe werden den Raum ganz, andere nur zur Not ausfüllen; dann werden also gewissermaßen Lücken bleiben, in welche andere Teilchen sich einlagern können. Und es ist ja wohlbekannt, daß sich eine Menge Kristalle schöner, dauerhafter, ja in ganz anderer Gestalt bilden, wenn kleine Mengen anderer Stoffe eingeschlossen werden können. Ich erinnere nur an die Soda, der Natriumsulfat zugesetzt wird, und an die Einschlüsse von Mutterlauge. Ja es scheint sogar, daß ein- und derselbe Stoff kleine, aber analytisch nachweisbare Änderungen im Verhältnis der Komponenten, z. B. Säure : Basis, aufweist, je nachdem in welcher Art er aus der Mutterlauge gewonnen wurde, z. B. ob ruhig oder gestört kristallisiert, bei 50, 20 oder 0°, schnell oder langsam gekühlt u. dgl. Bei Kupfersulfat habe ich derartige Abweichungen bei Elektrolysen selbst beobachtet, auch Hensgen[2]) hat derartiges festgestellt. Die Abweichungen betragen 2—5% des Molverhältnisses, also z. B. $Cu : SO_4 = 1{,}05 : 1{,}00$ statt 1 : 1.

Ist diese Anschauungsweise stichhaltig, und sind somit Zahlen für den „chemischen Wert“ nicht wie Äquivalenzzahlen einfache ganze Zahlen, sondern Brüche, dann erscheint es auch sehr plausibel, daß Verbindungen mit zahlreichen Komponenten, komplexe Salze, sich chemisch ausgeglichener, indifferenter verhalten als einfachere Salze. Ja dadurch „erklärt“ sich dann zwanglos, warum in solchen Komplexen die chemischen Eigenschaften einiger Komponenten ganz verschwinden. Ist der „chemische Wert“ vollkommen ausgeglichen, abgesättigt, neutralisiert oder, wie man nun sagen mag, kann er offenbar auch

---

[1]) W. Spring, Rec. d. trav. chim. d. Pays-Bas et de la Belgique 23 (1904), 187—201.

[2]) Journ. f. prakt. Chem. 63 (1901), 554—562.

nicht mehr weiter wirken, d. h. die gewöhnlichen auf einen bestimmten Wirkungswert abgetönten Reaktionen bleiben aus. Ferner ist von diesem Gesichtspunkt aus auch die Erscheinung, daß in streng homologen Reihen, z. B. bei den gleichionigen Salzen der I. Gruppe des periodischen Systems, Eigenschaften stetig ab- oder zunehmen, durchaus verständlich. Denn der chemische Wert des Anions bleibt ja gleich, dem Kation aber muß offenbar je ein individueller zukommen, der die Eigenschaft, die der Summe beider Komponenten proportional sein muß, entsprechend ändert.

Die Erscheinung, daß in Lösungen das Komponentenverhältnis der Kristalle keine Geltung mehr hat, ist also ganz allgemein zu beobachten. Daher kann auch darin, daß nun Hydrosole ein sehr ungewöhnliches Verhältnis zeigen, keine Besonderheit mehr gesehen werden. Rechnet man zudem die in der Literatur angegebenen Zahlen nach, so ergeben sich als Maximum, soweit ich fand, ca. 1 : 30—40 Äquivalenten, und beachtet man nun noch, daß hier mehrwertige Elemente, Säuren etc. in Betracht kommen, so würden Formeln entstehen wie $ClMe^{II}_{15-30}$, $ClMe^{III}_{10-13}$, $ClMe^{IV}_{7-10}$, bezw. NaX^{IV}_{7-10}, NaX^{III}_{10-13} etc., die durchaus keinen erschreckenden Eindruck machen. Denn jede Lösung eines hydrolysierten Salzes zeigt ähnliche Zahlen. Ungewohnt, nicht ungewöhnlich, ist nur der Umstand, daß hier dieser eine Bestandteil für sich isoliert vorliegt, während er sich sonst unter der Menge seiner Genossen verbirgt. Diese waren ja aber vorher auch da, nur konnte man sie osmotisch entfernen und so eine Trennung erreichen, die in anderen Fällen nicht gelingt. Aber auch da ist es möglich, einzelne Bestandteile, soweit es Ionen sind, nachzuweisen, z. B. $H^{\cdot}$ durch Inversion von Zucker, OH' durch Katalyse von Methylacetat, alle Metallionen, zahlreiche Anionen durch elektrische Potentialmessungen, optisch aktive Stoffe durch polarimetrische Bestimmungen u. s. w.

Wenn man also auch in wässrigen Lösungen von Stoffen wie $CuSO_4$, $FeCl_3$, Na_2SiO_3, $AlCl_3$, Al-acetat noch von chemischen Verbindungen spricht, trotzdem sie darin weitgehend verändert sind, und wenn sich unter diesen Zersetzungsprodukten genau dieselben finden, die man nach der Dialyse im Hydrosol hat, dann ist man logischerweise auch berechtigt zu sagen, daß

zwischen der kolloidalen Verbindung in irgend einem Hydrosol und der analogen in der Lösung eines Kristalloids kein Unterschied der Art, sondern nur einer des Grades besteht, auch dann, wenn eine kristallisierte Verbindung mit den Komponenten des Hydrosols in äquivalenten Mengen unbekannt ist. Ich bin überzeugt, daß in vielen Fällen deren Darstellung gelingen wird, wenn man sie nur anstrebt. Bisher lag ja kein Antrieb dazu vor!

Daß dies in allen Fällen gelingen wird, ist nicht sicher, denn man muß noch einige weitere Unterscheidungen treffen.

Man spricht von drei Aggregatzuständen, dem gasförmigen, flüssigen und festen, und beim letzteren unterscheidet man kristallinische und amorphe Zustände. Diese Einteilung ist heutzutage nicht mehr genügend, nachdem Herr Schenk nachgewiesen hat, daß auch Flüssigkeiten die optischen Erscheinungen zeigen, die Kristallen eigentümlich sind. Man wird dadurch genötigt, die Einteilung in kristallinisch, d. h. gesetzmäßig im Raume angeordnet und nicht kristallinisch, d. h. regellos angeordnet auch den anderen Aggregatzuständen zuzuerkennen. Den nichtkristallinischen Zustand bezeichnet man schon lange als amorph. Demnach hätte man amorphe und kristallinische Zustände überall anzunehmen und würde sogleich die Regel finden, daß im festen Zustand vorwiegend der kristallinische, im flüssigen und gasförmigen vorwiegend der amorphe vertreten ist.

Schmilzt man Kristalle, so werden sie amorph, denn die optischen Zeichen des kristallinischen Zustandes verschwinden. Löst man Kristalle, dann kann der amorphe Zustand eintreten, er muß es aber nicht. Denn die polarisierenden Flüssigkeiten sind offenbar nicht regellos, sondern in einer Art Gesetzmäßigkeit angeordnet; in diesen also müßte alles oder ein wesentlicher Teil kristallinisch geblieben sein. Ist diese Schlußfolgerung richtig, so wird die optische Bestimmung, ob eine Flüssigkeit amorph ist oder nicht, erschwert. Denn man kann ja jede solche Lösung optisch inaktiv machen, indem man eine entgegengesetzt drehende zusetzt. Immerhin handelt es sich dabei um Stoffe, die insofern charakterisiert sind, als sie selbst, bezw. die optisch aktiven Teile in ihnen von Wasser unzersetzt gelöst werden, also ohne Ionisation. Bei Zucker ist das

sofort klar; Tartrate hingegen werden zwar ionisiert, aber so, daß der aktive Weinsäurerest an sich auch als Anion intakt bleibt. Die optisch indifferenten Metallsalze aber erleiden, wie gezeigt, sehr tiefgreifende Veränderungen, sodaß man bei ihnen kaum annehmen kann, daß kristallinische Eigenschaften bestehen bleiben sollten.

Nun hat schon vor 70 Jahren J. Nep. Fuchs[1]) darauf hingewiesen, daß man berechtigt, ja gezwungen sei, allgemein den amorphen Zustand als denjenigen anzunehmen, in dem chemische Reaktionen erfolgten. Denn nur so könne man sich vorstellen, wie ein Kristalloid in ein anderes von ganz abweichender Zusammensetzung und Kristallform übergehen könne, es müsse sich zwischendurch offenbar in einem unkristallinischen Zustand befunden haben und könne erst aus diesem in den neuen kristallinischen eingetreten sein. Diese Auffassung kann man ohne weiteres annehmen, um so mehr, als ja in so vielen Fällen bei allerlei Reaktionen augenscheinlich amorphe, ölige, schleimige, gallertige etc. Niederschläge entstehen, die mehr oder weniger schnell kristallinisch werden. Der amorphe Zustand ist danach gewissermaßen der metastabile, der kristallinische der stabile, aber nur, wenn beide gleiche Zusammensetzung zeigen. Denn anderenfalls hat man es mit dem einfach auswählenden Vorgang der Kristallisation zu tun, bei dem ein ganz anderer Körper entsteht.

Für unsere Fragen ist nun der Punkt von Wichtigkeit, daß der amorphe Zustand keinerlei räumlichen Zwang wie der kristallinische ausübt, daß somit die Dimensionen der kleinsten Teilchen in keiner Weise in Betracht kommen. Man kann daher hier jede beliebige Kombination erwarten, der Mannigfaltigkeit sind keine Grenzen gesteckt.

Das würde nun eigentlich das Chaos bedeuten, wenn nicht bestimmte Verhältnisse, individuell für jeden Stoff, besonders ausgezeichnet wären, nämlich diejenigen, bei denen sich die gegenseitigen chemischen Werte ganz oder am günstigsten ausgleichen. Dieser Punkt war bei den früher erwähnten Beispielen erreicht, wenn das Na gerade den ganzen Rest von

[1]) Schweigger-Seidel, Neues Jahrbuch der Chemie und Physik VII, (1833), 418—434.

15 Mol SiO_2 neutral machte oder das Cl die ca. 30 Äquivalente $Fe(OH)_3$. Natürlich können an diesem Vorgang auch mehrere Komponenten teilnehmen, es können mehrere Stufen gebildet werden, analog den i- und o-Stufen, es braucht auch nicht immer neutrale Reaktion einzutreten, wie es eben gerade die Art der Komponenten bedingt.

Denn was ich chemischen Wert nenne, ist noch kein feststehender Begriff; man kennt erst einige Seiten desselben, und am deutlichsten zeigt er sich in Lösungen. Wie aber die Wirkung des Lösungsmittels erfolgt, weiß man noch nicht, nur die Folgen, die geschilderten Erscheinungen der Dissoziation kennt man. Ja, ein Lösungsmittel scheint dazu unnötig! Auch Schmelzen z. B. der Metallchloride enthalten ja Ionen, sind also dissoziiert. Die Annahme, dabei sei der Stoff sich selbst Lösungsmittel oder er dissoziiere sich selbst, ist ja nur die Umschreibung der Erscheinung, aber keine Erklärung. Da aber Schmelzen amorph sind, der räumliche Zwang also fortfällt, so kann der chemische Wert, ebenso wie in den gleichfalls amorphen Lösungen, frei wirken, und man muß identische Erscheinungen erwarten. Daraus folgt aber, daß offenbar die Ionen etc. gar nicht erst in der Lösung entstanden zu sein brauchen, sondern auch im Kristall schon vorliegen, in dem also neben einem nun wirklich chemisch verbundenen undissoziierten Teil schon unverbunden die Ionen vorliegen würden, nur unbemerkbar, da alles unter dem Zwang der gesetzmäßigen räumlichen Anordnung steht.

Die Kolloide nun, Sole wie Gele, sind die typischen Vertreter der amorphen Stoffe. In ihnen können alle möglichen Verhältnisse der Komponenten bestehen, aber einige davon sind offenbar besonders ausgezeichnet, nämlich

1. das stöchiometrische Verhältnis, in dem möglicherweise der Stoff auch kristallisieren kann, man wird nur darnach suchen müssen;

2. das Verhältnis, das chemische Neutralität bewirkt;

3. das Verhältnis, das gerade noch echte Lösung gestattet;

4. dasjenige, bei dem der Solzustand noch besteht;

5. dasjenige, bei dem er sich noch gerade aus dem Gel bildet — beide brauchen durchaus nicht identisch zu sein — und

6. dasjenige, bei dem nur noch der Gelzustand möglich ist.

Ob man diese 6 Fälle stets beobachtet, ist natürlich fraglich, man kann aber für alle Beispiele beibringen, und einstweilen hat man einen Anhaltspunkt für die Forschung.

Diese Auffassung gestattet auch die hohen Metallgehalte[1]) der Kolloide z. B. des Herrn Paal u. a. zu verstehen. Denn solange die Metalle[2]) darin amorph sind, besitzen sie offenbar die Eigenschaften der ebenfalls amorphen Flüssigkeiten. Bei diesen ist aber die Eigenschaft begrenzter wie unbegrenzter Mischbarkeit wohlbekannt. In diesen Kolloiden wäre also das Metall als Flüssigkeit aufzufassen, die mit Wasser sehr weitgehend mischbar ist, und die beigemengten Stoffe würden nur den Übergang in den festen kristallinischen, unlöslichen Zustand verhindern; daher denn auch die Löslichkeit nach dem Abdampfen in Wasser. Metalle gehen übrigens sehr leicht in amorphen Zustand über. Denn jede Politur eines Metalles kommt so zustande, daß sich die polierte Schicht in einer Art flüssigem Zustand befand, wie neuere Untersuchungen zeigen[3]).

Die Kenntnisse über dieses Gebiet sind ja noch bescheiden, doch scheint, daß diejenigen Metalle, die am leichtesten hochkonzentrierbare Sole geben, auch zu denen gehören, die am besten Politur annehmen, wie Silber, Gold, Eisen, Kupfer, während die nicht polierbaren, wie Wismut, Cadmium, Antimon u. s. w., auch nur schwierig Sole geben. Der Satz läßt sich aber nicht umkehren, denn das gut polierbare Nickel gibt scheinbar kein hochkonzentrierbares Sol; der Punkt wäre aber der Prüfung wert.

Nun bleibt aber noch ein Einwand übrig, an dem meine Auffassung der Sole, als amorpher chemischer Verbindungen zu scheitern scheint, das sind die Bredigschen Metalllösungen[4]).

Zur Herstellung derselben erzeugt Bredig unter reinem Wasser zwischen Elektroden aus reinem Metall einen Flammenbogen. Dabei zerstäubt die Kathode, von der aus sich Wolken in der Flüssigkeit verteilen, die schließlich ein Hydrosol des

---

[1]) S. a. Chassevaut, Bull. Soc. Chim. [3] 31 (1904), 6—11. C. C. 1904, I. 500.

[2]) Cholodnyj, J. d. Russ. phys. chem. Ges. 35 [2] (1903), 585—601. Phys. C. C. 1904, 125, R. 270.

[3]) G. T. Beilby, C. C. 1903, II, 782.

[4]) Anorg. Fermente. Habilitationsschrift, Leipzig 1901.

angewandten Metalles in sehr geringer Konzentration enthält. Hier kann doch offenbar keine Verunreinigung, also auch kein Salz vorliegen! So dachte auch ich früher, bis ich näher auf die Sache einging.

Was über reines Wasser zu sagen ist, habe ich schon früher betont. Bredigs Wasser befindet sich in einer gläsernen Kristallisierschale an der Luft, enthält also alle dort genannten Verunreinigungen. Auch die reinsten Metalle, die man kennt, müssen geschmolzen werden, kommen also mit den Flammengasen in Berührung und nehmen daraus Gase auf, wie das spätere Spratzen beweist. Daher enthalten sie auch Kohlenstoff. Die Elektroden müssen eingespannt, also mit der Hand berührt werden, wobei sie weitere Mengen von anorganischen und von so besonders gut solbildenden organischen Stoffen aufnehmen. Geht nun der elektrische Strom hindurch, so zerstäubt er nicht nur die Kathode, sondern elektrolysiert zugleich das Wasser, führt also alle Alkalien zur Kathode, röstet organische Stoffe u. s. w. Da Wasser nun ferner Stickstoff und Sauerstoff enthält, die schon bei niederen Spannungen Stickstoffsäuren geben (Davy[1]), so ist deren Entstehung im Flammenbogen um so sicherer. Diese Spur Säure fällt aber das event. Alkalisol durchaus nicht, wie man meinen könnte, sondern, dem amphoteren Charakter entsprechend, sind beide nebeinander in Lösung. Das sind nun keineswegs bloß Spekulationen! Denn Bredig selbst gibt an, daß in seinen Metallhydrosolen Pilze wachsen. Diese brauchen offenbar einen Nährboden, in dem Salze neben organischer Substanz vorhanden sein müssen. Ferner werden die Sole haltbarer, wenn geringe Mengen Alkali zugesetzt werden. Sie lassen sich auch durch Säure nicht vollkommen fällen, beim Platinsol bleiben bis 30% in Lösung. Daraus folgt, daß, wie ich eben äußerte, das Sol als Alkali-[2]) und als Säure-Verbindung vorliegt, denn nur letztere wird von Säure nicht gefällt. Beim Platinsol fand Bredig im Durchschnitt 0,0974 g Pt im Liter, maximal 0,15 g; nimmt man nun Platin als vierwertig an, rechnet 1 Äquivalent Alkali auf 30 Äquivalente Kolloid für den Solzustand, wie es dem

[1]) Ostwald, Elektrochemie (1896), 196.

[2]) Die Sole wandern zur Anode.

Durchschnitt entspricht, und rechnet endlich alles auf Natrium, was ja zu hohe Werte geben muß, da ein Teil Platin durch Säure im Solzustand gehalten ist, so wären durchschnittlich nur 1,2 mg, maximal 2,0 mg Na im Liter hinreichend, das Sol zu bilden, Werte, die also sicher viel zu hoch sind. Diese kleinen Mengen an Verunreinigungen darf man aber ruhig im Wasser annehmen.

Auch diese Metallsole fügen sich also den übrigen ein, und von denen des Herrn Paal, in denen viele Prozente Solbildner analytisch nachgewiesen sind, bis zu den Bredigschen, in denen sie fast nicht mehr nachgewiesen werden können, besteht ein stetiger Übergang.

Aus allem vermag man somit geradezu das Rezept zu abstrahieren, nach dem Hydrosole gebildet werden können. Dazu braucht man Elemente ohne ausgesprochenen basischen oder sauren Charakter im amorphen Zustand, denen als Solbildner dargeboten werden: kleine Mengen Alkalien, einwertige Mineralsäuren und besonders organische Stoffe, namentlich hydroxylhaltige, wie Alkohole, Säuren, Oxysäuren etc., ferner Harnstoff und seine Derivate, andere Kolloide oder deren Abbauprodukte, also Eiweiß, Leim, Schleim, Zellulose, sowohl einzeln als noch besser mehrere zusammen. Man ist also nicht mehr angewiesen, die Hydrosole zu finden, sondern kann sie systematisch darstellen.

Noch eine Frage muß schließlich erörtert werden, nämlich die, wieso feste diskrete Teilchen in einer Flüssigkeit schweben bleiben können, ohne zu Boden zu sinken, so wie man es im Hydrosol beobachtet. Denn in anderen Fällen, z. B. bei Baryumsulfat, setzt sich doch die feinste Aufschlemmung, die durchs Filter läuft, alsbald klar ab!

Ich habe nachgewiesen, daß in allen sicher untersuchten Fällen der Solzustand abhängt von der Gegenwart eines Solbildners, d. h. einer geringen Menge Alkali, Mineralsäure, organischer Säure oder dgl., mit deren Entfernung die Gelbildung eintritt, d. h. das Schweben der einzelnen Teilchen in der Flüssigkeit aufhört.

Ebenso sicher ist es, daß im Solzustand schon ein heterogenes System vorliegt, nämlich, wie ich es ausdrücke, feste amorphe Teilchen in der flüssigen amorphen Lösung. Die Teilchen

schweben, ohne sich zu vereinigen, und nach üblicher Annahme ist das ein Phänomen sei es der Oberflächenwirkung[1]), sei es elektrischer[2]) Natur.

Ist nun das Sol, wie ich annehme, Anion oder Kation, oder als amphoter beides, so trägt es offenbar eine elektrische Ladung, ebenso tragen die Solbildner eine solche, aber von entgegengesetztem Vorzeichen, folglich muß die Erscheinung des Schwebens, wenn sie an die Gegenwart der Solbildner geknüpft ist, mit dem Betrage dieser Ladungen in Beziehung stehen, d. h. mit der Potentialdifferenz zwischen Kolloid und Flüssigkeit[3]).

Nun lehrt aber das Lippmannsche Phänomen, bei dem die Oberflächenspannung von Quecksilber gegen Schwefelsäure in Betracht kommt, den Zusammenhang zwischen Oberflächenspannung und elektrischer Ladung kennen, und Ostwald zeigte, daß bei ganz bestimmter Ladung die Oberflächenspannung des Quecksilbers ein Maximum erreicht. Daraus hat Bredig gefolgert, daß bei Erreichung dieses maximalen Wertes Ausflockung erfolgt, die von beiden Seiten her erreicht wird[4]). Überträgt man diese Beobachtung nun auf die Erscheinung, daß bei den so merkwürdigen Verhältnissen von wenig Solbildner zu viel Kolloid die Teilchen schweben bleiben, so würde man schließen, daß hier die Oberflächenspannungen des Kolloids und der Flüssigkeit gleich geworden sind.

Haben Flüssigkeiten ungleiche Oberflächenspannungen, so bilden sie zwei Phasen mit einer Trennungsfläche, wie Äther gegen Wasser. Wird dann die Oberflächenspannung gleich, so bilden beide eine gemeinsame Oberfläche, das System wird homogen. Beim Kolloid ist das nicht möglich, denn die eine Phase ist fest, sie kann also nicht in der anderen aufgehen. Wohl aber hört infolge der gleich gewordenen Oberflächenspannung jeder Unterschied gegen die Umgebung auf, das Teilchen kommt in den Zustand, den man einem beliebigen Flüssigkeitsteilchen innerhalb jeder Flüssigkeit zuschreiben muß.

---

[1]) Donnan, Zeitschr. f. phys. Chem. 46 (1903), 197—212; C.C. 1904, I, 491.

[2]) Bredig, Anorg. Fermente 14 ff.

[3]) Hardy, a. a. O., 387.

[4]) Anorg. Fermente 1901.

Man hat hier dann das Analogon zu den echten Lösungen. In diesen befinden sich ja die einzelnen Teilchen nach der Theorie innerhalb des Volumens der Lösung wie im Gaszustand, sodaß man die Gasgesetze anwenden kann. Beide, das Gas wie die Flüssigkeit, haben keine Oberflächenspannung gegeneinander und daher gemeinsame Oberfläche, weil das Gas eine solche bilden kann. Tritt eine Änderung darin ein, so bilden sich 2 Phasen, z. B. ein Gas entweicht, indem es eine eigene Oberfläche ausbildet, als Gasblase. Der feste Körper muß, weil er keine gemeinsame Oberfläche bilden kann, in der Flüssigkeit schweben bleiben in einer der echten Lösung ganz gleichen Art, aber er kann natürlich osmotisch, d. h. den Gasgesetzen entsprechend nicht wirken, weil er kein Gas ist[1]).

Der Übergang in den Gelzustand ist dann bedingt dadurch, daß von neuem eine Oberflächenspannungsdifferenz auftritt, wenn der Solbildner fortgenommen und damit die Ladung geändert wird. Nichtelektrolyte können daher auch keinen Einfluß haben[2]). Die Solbildung aus Gel bedeutet also das Verschwinden dieser Differenz. In den osmotisch unwirksamen, elektrisch aber wirksamen Solteilchen würde man dann gewissermaßen „feste“ Ionen, im Gegensatz zu den gasförmigen gewöhnlichen Ionen, zu sehen haben.

Als logische Folgerung würde sich nun weiter ergeben, daß alle spontanen Fällungen, wie man sie bei Kristalloiden beobachtet, auch auf der Ausbildung von Unterschieden der Oberflächenspannung beruhen. Und daß andererseits die Lösung infolge Gleichheit dieser Werte einträte. Die Dissoziation wäre demnach ein Mittel, diese Gleichheit herbeizuführen, und in der Tat sind nicht nur alle Potentialwerte in Lösungen mit der Konzentration, Temperatur u. dgl.[3]), d. h. mit den äußeren Bedingungen veränderlich, sondern sobald die Dissoziation genügend zurückgedrängt wird, durch Konzentrieren, Zusatz gleicher Ionen etc., bildet sich die frühere Oberfläche wieder, d. h. der Körper fällt aus.

---

[1]) Vgl. auch Graham, a. a. O., S. 183.

[2]) H. Freundlich, Zeitschr. f. phys. Chem. 44 (1903), 136.

[3]) Fällung von SO_4'' durch stark salzsaures $BaCl_2$ geht durch den Solzustand.

Es wäre nun wünschenswert, zu versuchen, Potentialmessungen an Kolloiden auszuführen, um einen Anhalt über den Betrag der Ladungen zu bekommen, die sie tragen.

Eingangs erwähnte ich, man kenne noch keine kristallisierten Gase. Die entwickelte Anschauung würde gestatten, sie in optisch aktiven Lösungen z. B. von Zucker anzunehmen. Denn nach der Theorie verhalten sich die gelösten Zuckerteilchen ja so, als wären sie im Gaszustand, und zugleich sind sie praktisch nicht dissoziiert, d. h. im wesentlichen unverändert geblieben.

Zum Schluß wird nun die Frage nach dem Werte meiner Anschauungen erhoben werden müssen, zu der ich selbst Stellung nehmen will.

1. Wie Sie hörten, habe ich versucht, ein großes Gebiet voller Einzeltatsachen von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus, dem der Theorie der Lösungen, zusammenzufassen. Bei einem solchen Unternehmen muß man das Einigende hervorheben, das Trennende vorerst bei Seite legen, also abstrahieren. Ich weiß daher sehr wohl, daß mir eine Anzahl Einzeltatsachen entgegengehalten werden können, die ich vorerst vielleicht nicht ohne weiteres in den Rahmen meiner Ausführungen einfügen könnte. Gerade solche Fälle aber werden für mich von besonderem Werte sein, weil ihre Nachprüfung meine Anschauungen bestätigen, berichtigen oder ergänzen wird. Denn das in der Literatur vorliegende Tatsachenmaterial, das von ganz anderen Gesichtspunkten aus gewonnen wurde, enthält natürlich für die Betrachtung von den neuen Gesichtspunkten aus viele Lücken, die erst bei künftigen Forschungen, falls meine Ausführungen Beachtung finden, ergänzt werden können.

2. Unter allen Umständen wird mein Nachweis, daß bei Kolloiden die „Verunreinigungen“ (Asche) eine wesentliche Rolle spielen und konstitutive Bestandteile sind, ihren Wert behalten.

3. Die Art, wie ich den Zusammenhang zwischen Kolloiden und den Ionisationsprodukten in Lösungen auffasse, wird Gelegenheit geben, Rückschlüsse auf den Zustand von Lösungen zu ziehen. Namentlich die Feststellung, daß nebeneinander in der gleichen Flüssigkeit Alkali und Säuresalze eines und

desselben Radikals bestehen können, dürfte in dieser Richtung fruchtbringend sein.

4. Alle meine Anschauungen wurden aus dem Versuchsmaterial gezogen, welches ich vorfand. Daher sind auch alle meine Schlußfolgerungen experimentell prüfbar. Von einer Theorie muß ja besonders verlangt werden, daß sie weiteren Forschungen bestimmte Wege weise.

5. Ich habe mich daher auch nicht gescheut, die Konsequenzen meiner Anschauungen und damit auch weitgehende Schlüsse zu ziehen. Denn darin zeigen sich zuerst die Schwächen von Hypothesen, daß sie bei weitgehenden Schlußfolgerungen, die ja mehr oder weniger Extrapolationen sind, zu Unmöglichkeiten führen. Infolgedessen muß man solche Operationen vornehmen.

Mag nun schließlich wenig oder viel Brauchbares übrig bleiben, beim gegenwärtigen Stande der Forschung, wo die bisherigen Anschauungen zu lauter toten Punkten geführt haben, werden meine Ausführungen zum mindesten Anregung geben zu vielerlei Experimentaluntersuchungen. Dann sind sie aber nicht unnütz gewesen.

Über die Emission von Oxyden.

Von Joseph Hofmann.

Aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.

Einleitung.

In neuerer Zeit sind zwar verschiedene Arbeiten ausgeführt worden, welche die Strahlung der Glühstrümpfe und der in ihnen enthaltenen Substanzen behandeln. Doch beschränkten sich diese Untersuchungen nur auf das sichtbare Spektrum. Ich hielt es deshalb für lohnend, sie auch auf das ultraviolette Spektrum auszudehnen und in dem ersten Teile meiner Arbeit „Die relative Intensität verschiedener Lichtquellen im sichtbaren und ultravioletten Spektrum" zu prüfen. Im zweiten Teile soll dann die Strahlung von Thor- und Ceroxyd und deren Mischungen für verschiedene Temperaturen verglichen werden mit der des blanken Platins.

Im physikalischen Institute zu Erlangen sind in letzter Zeit einige Arbeiten[1])[2]) mit dem Vierordtschen Photometer ausgeführt worden, welche die Brauchbarkeit desselben auch für das ultraviolette Licht beweisen, so oft es sich darum handelt, aus der gleichen Helligkeit zweier übereinander liegender Stellen in zwei verschieden hellen Spektren auf das Intensitätsverhältnis der die Spektren erzeugenden Lichtquellen zu schließen.

Auf Anraten des Herrn Professors Dr. E. Wiedemann führte ich deshalb meine Untersuchungen mit diesem Photometer aus, und zwar gewann ich die Resultate des ersten Teils auf photographischem Wege, die des zweiten Teils durch Beobachten der Spektren mit dem Auge.

---

[1]) B. Glatzel, Phys. Zeitschrift, 1. Jahrg. 285, 1899—1900.

[2]) F. A. Müller, Sitzungsberichte der phys.-med. Soz. Erlangen, 34, S. 189. 1902.

I. Teil.

Prinzip der Methode.

Das Prinzip der Methode zur Bestimmung von relativen Helligkeiten in den verschiedenen Teilen des Spektrums ist folgendes:

Die zu untersuchende Lampe wird vor den Doppelspalt eines Spektralapparates gebracht, so daß ihr Licht durch die obere Hälfte des Doppelspaltes einfällt, während von der Seite her das Licht einer Vergleichslampe mittels eines total reflektierenden Prismas durch den unteren Spalt in den Apparat gelangt. Hierauf wird das Beobachtungsfernrohr auf den Spektralbereich, in dem die Helligkeit bestimmt werden soll, eingestellt und dann das Verhältnis der Spaltbreiten so lange verändert, bis eine photographische Aufnahme in der Nähe der eingestellten Wellenlänge Gleichheit der Schwärzungen ergibt. Da nach dem Bunsen-Roscoeschen Gesetze bei gleich langer Exposition gleichen Schwärzungen gleiche Intensitäten entsprechen, so läßt sich aus dem Verhältnisse der Spaltbreiten nach der unten angegebenen Formel die Helligkeit für diese Stelle berechnen. Zur Ermittelung der Gleichheitsstelle dient eine später beschriebene Methode. Hat man auf diese Weise für die verschiedenen Teile des Spektrums die Helligkeiten bestimmt, so zeichnet man aus ihnen die Helligkeitskurve, wobei als Abszissen die Wellenlängen, als Ordinaten die Helligkeiten aufgetragen werden.

Versuchsanordnung.

Die Versuchsanordnung war folgende: Benutzt wurde ein Spektralapparat mit Zeißschen Quarz-Flußspatobjektiven und zwei Quarzprismen. Jedes derselben bestand aus einem rechts- und einem linksdrehenden Halbprisma mit einem brechenden Winkel von 30°, die mit chemisch reinem Glyzerin unter möglichster Vermeidung von Luftbläschen zusammengekittet waren. Die Stellung der Prismen blieb während der ganzen Untersuchung dieselbe. Sie waren auf das Minimum der Ablenkung für eine Wellenlänge im äußersten Violett eingestellt. Es gelangten zwei Quarzprismen zur Verwendung, um durch die stärkere Dispersion den zu untersuchenden Spektralbereich zu verbreitern und so die Messungen zu erleichtern.

Die Einstellung des Spektralapparates geschah in der gewöhnlichen Weise[1]).

Das Skalenfernrohr[2]) war so gestellt, daß die Skala in die untere Hälfte des Gesichtsfeldes fiel.

Das diffuse Licht wurde in der von Dr. F. A. Müller[3]) angegebenen Weise ausgeschlossen und seine vollständige Entfernung geprüft.

Über die Trennungslinie der beiden Spalthälften war ein Faden aus dünnem Draht gespannt, wodurch auch die beiden Spektralphotographien durch einen feinen Strich getrennt wurden.

Das Vergleichsprisma aus Quarz war auf einem mit schwarzen Papier überzogenen und mittels einer Mikrometerschraube verstellbaren Stativ so aufgestellt, daß seine obere Kante mit der Mitte des Fadens sich deckte. Die eine Kathetenfläche desselben war genau parallel der Spaltebene, die andere senkrecht dazu. Senkrecht vor dieser stand die Vergleichslampe, so daß deren Strahlen nach totaler Reflexion an der Hypotenusenfläche parallel zur Achse des Fernrohres einfielen. Um das von dieser Lampe kommende Licht von der unteren Spalthälfte abzuhalten und genaue Messungen zu erzielen, wurde die Hypotenusenfläche mit schwarzem Papier bedeckt, damit kein Licht hindurchgelangen konnte.

Wenn die photographische Platte zum Exponieren hergerichtet war, mußte auf bestimmte Zeit das Licht dem Apparate zugeführt werden. Um dies zu ermöglichen, stand eine rechtwinkelige Blende aus Pappe mit dem Vergleichsprisma auf demselben Stativ. Wollte man nun eine gewisse Zeit lang exponieren, so brauchte man nur diese Blende die gewünschte Zeit hinwegzunehmen.

Die Breite der unteren Spalthälfte, durch die das Licht der Vergleichslampe einfiel, blieb während einer Untersuchung konstant, die Breite der oberen wurde mittels einer Mikrometerschraube geändert. Für verschiedene Untersuchungen wählte ich die Stellung der unteren Schraube entsprechend der Inten-

---

[1]) E. Wiedemann und H. Ebert, Phys. Praktikum, 298. 1899.

[2]) E. Wiedemann und H. Ebert, Phys. Praktikum, 297 u. 298. 1899.

[3]) F. A. Müller, Sitzungsberichte d. phys.-med. Soz. Erlangen, 34, S. 189. 1902.

sität der zu vergleichenden Lampen. Die größte Spaltbreite, welche verwendet wurde, betrug 1,5 mm.

Die Einstellung auf einen bestimmten Spektralbereich erfolgte in der Weise, daß das Fadenkreuz des Beobachtungsfernrohres auf denjenigen Teilstrich der Skala eingestellt wurde, welcher etwa in der Mitte desselben lag.

Bei den photographischen Aufnahmen konnte an Stelle des Okulars in das Beobachtungsfernrohr ein Metallrahmen eingeschraubt werden, in welchem sich eine Kassette so verschieben ließ, daß man acht Aufnahmen nacheinander machen konnte, wie dies von J. J. Acworth[1]) angegeben worden ist. Auf der obersten und untersten Aufnahme war die Skala photographiert, die mittleren sechs waren Spektralphotographien für verschiedene Spaltbreiten. Verwendet wurden Bromsilbergelatineplatten von Dr. C. Schleußner für die Aufnahmen im blauen und ultravioletten Teil des Spektrums, während für die Aufnahmen im sichtbaren Teile desselben orthochromatische Platten von O. Perutz in München bezogen waren.

Beide Arten von Platten wurden mit einem Pyrogallol-Sodaentwickler behandelt, fixiert und dann getrocknet. Zum Ausmessen erweist es sich als zweckmäßig, die Platten nicht zu dunkel zu entwickeln.

Die Lichtquellen.

Zur Untersuchung gelangten die Hefnerlampe, der Auersche Glühstrumpf, der Cerofirmstrumpf und einige andere Glühstrümpfe. Ihre Zusammensetzung war folgende: Strumpf Nr. 1, 100 % Thornitrat; Strumpf Nr. 2, 100 % Cernitrat; Strumpf Nr. 3, 50 % Thornitrat und 50 % Cernitrat; Strumpf Nr. 4, 99 % Thornitrat und 1 % Cernitrat; das Gewebe war für alle Baumwolle; Strumpf Nr. 5, 97,5 % Thornitrat, 1 % Cernitrat und 1,5 % Beryllnitrat; Gewebe: sog. Ramie. Diese letztgenannten Glühstrümpfe waren mir durch die gütige Vermittelung des Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann von der westfälischen Gasglühlichtfabrik von F. W. und Dr. C. Killing in Delstern zur Verfügung gestellt worden, wofür ich der Firma an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte. Von den elektrischen Licht-

[1]) J. J. Acworth, Wied. Ann. 42, S. 375. 1891.

quellen kam nur die Nernstlampe zur Untersuchung, die mit einer Spannung von 110 Volt betrieben wurde.

Mit Ausnahme der Hefnerlampe waren alle Lichtquellen von vornherein der Höhe nach verstellbar. Die Hefnerlampe wurde zu diesem Zwecke auf ein Stativ mit Mikrometerverstellung gebracht. Jede Lichtquelle wurde so vor den Spektralapparat gestellt, daß das von ihr herrührende Spektrum die größte Helligkeit zeigte.

Da die leuchtende Fläche mancher Lichtquellen sehr schmal war und außerdem breitere Flammen nach Köttgen[1]) nicht in allen Teilen der leuchtenden Fläche gleiche Helligkeit zeigen, so wurde ein mattgeschliffenes Quarzfenster in den Strahlengang gebracht, dessen diffuses Licht dann als Lichtquelle diente. Bei der Nernstlampe war die Anwendung eines solchen Quarzfensters schon deshalb geboten, weil sonst die drei Drahtwindungen, welche zum Erhitzen des Glühkörpers dienen, in der Form von drei dunklen Streifen auf der Photographie sich gezeigt und leicht zu Fehlern beim Messen geführt hätten.

Als Vergleichslampe wollte ich durchweg die Hefnerlampe benutzen. Dabei stieß ich aber auf große Hindernisse, da die Helligkeit im Ultraviolett zu klein war. Ich benutzte deshalb die Auerlampe als Vergleichslampe und verglich mit deren Intensität die aller übrigen. Die Intensität der untersuchten Lichtquellen, die Auerlampe ausgenommen, bezogen auf die Hefnerlampe als Vergleichslampe, bekam ich wie unten angegeben.

Auch die Anwendung des Gasglühlichtes brachte manche Schwierigkeiten mit sich, hervorgerufen durch die großen Druckänderungen in der Gasleitung. Die Photographien erwiesen sich zunächst als ganz unbrauchbar, da fortwährend schwankende Resultate erhalten wurden. Doch half die Einschaltung eines Gasdruckregulators auch über diese Schwierigkeit hinweg.

An den Lampen für das Gasglühlicht ließ ich Reguliervorrichtungen anbringen, mittels deren die Luftzufuhr so geregelt werden konnte, daß die Emission der Strümpfe einen Maximalwert erhielt.

---

[1]) E. Köttgen, Wied. Ann. 53, S. 793. 1894.

Das Photometer.

Um die Stelle gleicher Schwärzung aufzufinden, wandte ich folgendes Verfahren an: Auf einen Bogen matten schwarzen Papiers klebt man einen etwa 1 mm breiten Streifen weißen Papiers und benuzt diesen wie einen leuchtenden Spalt, indem man die photographische Platte darüber legt. Wie schon erwähnt war auf jeder derselben die Skala unten und oben aufgenommen. Die Platte erhält nun eine solche Lage, daß derselbe Teilstrich der oberen und der unteren Skala mit dem weißen Streifen zusammenfällt. Dadurch befinden sich bei den sechs Spektralphotographien dieselben Wellenlängen unter demselben und durch Vergleichung der Aufnahmen miteinander kann dann leicht die Stelle gleicher Schwärzung für eine bestimmte Wellenlänge gefunden werden. Mit Vorteil verwendet man zur Auffindung dieser Stelle eine Lupe.

Die der Gleichheitsstelle entsprechende Wellenlänge wurde der Eichungskurve der Skala (s. u.) entnommen.

Berechnung.

Ist zur Erzielung gleicher Schwärzung auf der photographischen Platte ein Verhältnis der Spaltbreiten $b_1 : b_2$ nötig, so besteht zwischen den Intensitäten I_1 und I_2 der beiden Lichtquellen die Beziehung:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{b_2}{b_1}$$

Nun sind aber die Spaltbreiten den zugehörigen Umdrehungen der Mikrometerschrauben U direkt proportional, so daß, wenn ϱ den Proportionalitätsfaktor bedeutet,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\varrho \cdot U_2}{\varrho \cdot U_1} = \frac{U_2}{U_1}$$

wird.

Nennen wir die Intensität der einen Lichtquelle $A\lambda$, die der anderen, welche damit verglichen wird, $B\lambda$, für die Wellenlänge λ, so ist für diese Wellenlänge:

$$\frac{A\lambda}{B\lambda} = \frac{U_{2,\lambda}}{U_{1,\lambda}}$$

Bedeutet λ_0 eine Wellenlänge, für die man bei jeder Lampe die Gleichheitsstelle bestimmt, so kann man bilden:

$$\frac{\frac{A\lambda}{B\lambda}}{\frac{A\lambda o}{B\lambda o}} = \frac{\frac{U_2,\lambda}{U_1,\lambda}}{\frac{U_2,\lambda o}{U_1,\lambda o}} = \frac{U_2,\lambda \cdot U_1,\lambda o.}{U_2,\lambda o \cdot U_1,\lambda.}$$

Da aber für eine Untersuchung U_1 = Konstans ist, so folgt:

$$\frac{\frac{A\lambda}{B\lambda}}{\frac{A\lambda o}{B\lambda o}} = \frac{U_2,\lambda.}{U_2,\lambda o.}$$

Das Verhältnis wird also für $\lambda = \lambda o$ gleich 1 für alle Lichtquellen. Nach dem Vorgange E. Köttgens[1]) wurde λo zu 590 $\mu\mu$ genommen.

In der angegebenen Weise wurden die Helligkeiten der verschiedenen Strahlen der untersuchten Lichtquellen verglichen mit der entsprechenden Helligkeit der Auerlampe als Vergleichslampe. Um die Resultate auf die Helligkeit der Hefnerlampe umzurechnen, dient der Ausdruck:

$$\frac{\text{Helligkeit einer Lichtquelle}}{\text{Helligkeit der Hefnerlampe}} = \frac{\text{Helligkeit derselben Lichtq.}}{\text{Helligkeit d. Auerlampe}} \times \frac{\text{Helligk. d. Auerlampe}}{\text{Helligk. d. Hefnerlampe}}$$

Eichung der Skala in Bezug auf Wellenlängen.

Die Eichung für den sichtbaren Teil des Spektrums war die gewöhnliche.

Um die Skala für den ultravioletten Teil des Spektrums zu eichen, wurde das Kadmiumspektrum bei verschlossenem unterem Spalte aufgenommen, so daß die Cd-Linien den oberen Teil des Gesichtsfeldes erfüllten. Die Skala wurde dann darunter aufgenommen. Die Wellenlängen der Hauptlinien des Cd-Spektrums wurden den Ederschen Spektraltafeln entnommen. Mit Hilfe eines Zeißschen Komparators wurden die den bekannten Cd-Linien entsprechenden Skalenteile festgestellt.

---

[1]) E. Köttgen, Wied. Ann, 53 p. 793. 1894.

Die Eichungskurve wurde gezeichnet, indem die Skalenteile als Abscissen und die ihnen entsprechenden Wellenlängen als Ordinaten aufgetragen wurden.

Bestimmung der relativen Helligkeit.

Die nach der oben beschriebenen Methode berechneten relativen Helligkeiten sind in den folgenden Tabellen wiedergegeben. Dabei bezeichnen λ die Wellenlänge, x die relative Helligkeit der Lichtquellen bezogen auf die Auerlampe (Fig. 1), y die relative Helligkeit derselben bezogen auf die Hefnerlampe als Vergleichslampe (Fig. 2). Die Kurven sind in der Weise gezeichnet, daß die Wellenlängen als Abscissen und die ihnen entsprechenden relativen Helligkeiten als Ordinaten aufgetragen sind. Da für $\lambda = 590\ \mu\mu$ die relative Helligkeit aller Lampen gleich 1 ist, so schneiden sich alle Kurven in einem Punkte.

Die Kurven tragen die Nummern der ihnen entsprechenden Tabelle.

Wenn manche Tabellen umfangreicher sind als andere, so kommt das daher, daß wegen Schwierigkeiten nicht bei allen Strümpfen für die gleiche Zahl von Wellenlängen gemessen werden konnte.

Tabelle I.

Auerstrumpf.

λ	x	y
625		0,80
590		1,0
550		1,30
518		1,60
494		1,89
474		2,15
456		2,43
439		2,70
424		2,95
410		3,21
398		3,43
387		3,63
376		3,83
367		4,0

Tabelle II.
Nernstlampe.

λ	x	y
625	1,18	0,94
590	1,0	1,0
550	0,85	1,11
518	0,79	1,26
494	0,79	1,47
474	0,80	1,70
456	0,81	1,96
439	0,83	2,23
424	0,85	2,51
410	0,88	2,82
398	0,92	3,16
387	0,96	3,52
376	1,02	3,91
367	1,08	4,32

Tabelle III.
Cerofirmstrumpf.

λ	x	y
625	0,99	0,78
590	1,0	1,0
550	1,02	1,32
518	1,03	1,65
494	—	—
474	1,05	2,28
456	—	—
439	1,07	2,89
424	—	—
410	1,10	3,52
398	—	—
387	1,12	4,06
376	—	—
367	1,14	4,56

Tabelle IV.
Strumpf Nr. 1. (100 % Thornitrat.)

λ	x	y
625	1,09	0,88
590	1,0	1,04
550	0,91	1,16
518	0,85	1,31
494	0,90	1,72
474	1,08	2,33
456	1,33	3,22
439	1,60	4,34
424	1,88	5,53
410	2,22	7,12
398	2,60	8,9
387	3,03	11,05
376	3,46	13,2
367	4,15	16,6

Tabelle V.

Strumpf Nr. 2. (100 % Cernitrat.)

λ	x	y
625	1,49	1,19
590	1,0	1,0
550	0,63	0,82
518	0,43	0,69
494	0,33	0,61
474	0,26	0,55
456	0,20	0,50
439	0,17	0,46
410	0,13	0,42

Tabelle VI.

Strumpf Nr. 3. (50 % Thornitrat und 50 % Cernitrat.)

λ	x	y
625	1,27	1,02
590	1,0	1,0
550	0,73	0,95
518	0,54	0,86
494	0,42	0,79
474	0,34	0,73
456	0,28	0,68
439	0,23	0,62
424	0,19	0,57
410	0,16	0,53
398	0,14	0,48
387	0,12	0,44

Tabelle VII.

Strumpf Nr. 4. (99 % Thornitrat und 1 % Cernitrat.)

λ	x	y
625	1,02	0,82
590	1,0	1,0
550	0,98	1,27
518	0,96	1,54
474	0,93	2,0
439	0,91	2,46
410	0,89	2,86
387	0,88	3,19
367	0,87	3,48

Tabelle VIII.

Strumpf Nr. 5. (97,5 % Thornitrat, 1 % Cernitrat und 1,5 % Beryllnitrat.)

λ	x	y
625	1,01	0,80
590	1,0	1,0
550	0,99	1,28
518	0,98	1,57
494	0,96	1,80
474	0,93	2,0
456	0,90	2,19
439	0,87	2,35
424	0,84	2,49
410	0,81	2,60
398	0,79	—
387	0,76	2,76
376	0,73	—
367	0,70	2,87

Fig. 1.

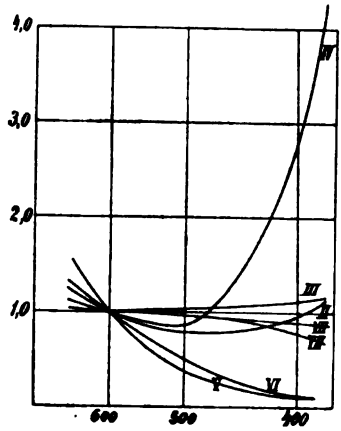
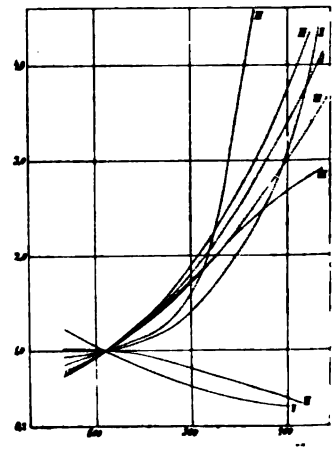


Fig. 2.



Aus den Tabellen und den zugehörigen Kurven (Fig. 1 und 2) geht zunächst hervor, daß die Strahlung des Auerschen Glühstrumpfes (Tab. I) äußerst reich ist an sichtbaren Strahlen.

Die Nernstlampe (Tab. II) besitzt ein Minimum bei 500 $\mu\mu$ und steigt dann stetig gegen das Blau an. Ihr Spektrum zeigt sich jedoch auch noch recht intensiv im sichtbaren Teile.

Der Cerofirmstrumpf (Tab. III) sendet bei ebenso gleichmäßiger Verteilung auf die einzelnen Teile des Spektrums noch

etwas mehr Licht aus als der Auersche Glühstrumpf. Vor der Untersuchung hatte derselbe etwa 50 Stunden gebrannt. Seine Helligkeit war anfangs etwas kleiner als die des Auerschen Glühstrumpfes, nahm aber mit der Brennzeit stetig zu.

Der Glühstrumpf No. 1 (Tab. IV) zeigt ähnlich der Nernstlampe ein Minimum bei 518 $\mu\mu$ und steigt dann schnell gegen das Blau an. Sein Spektrum ist besonders reich an violettem Lichte, was schon die blaue Färbung erkennen läßt.

Dagegen ist das Spektrum der Glühstrümpfe No. 2 und No. 3 (Tab. V und VI) sehr arm an grünem und blauem Lichte. Besser steht es mit den Strümpfen No. 4 und No. 5 (Tab. VII und VIII), doch bleibt ihre Helligkeit weit hinter der des Auerschen Glühstrumpfes zurück.

Vergleicht man die Glühstrümpfe ihrer Zusammensetzung nach, so folgt, daß die Strahlung des Strumpfes, der reines Cernitrat enthält (Strumpf No. 2), am ungünstigsten ist. Setzt man Thornitrat zu, dann wächst die Strahlung stetig mit dem Prozentgehalte an Thornitrat, bis sie etwa bei einer Mischung von 99,4 % Thornitrat und 0,6 % Cernitrat ein Maximum erreicht. Diese Zusammensetzung wird bei der Herstellung der Auerschen Glühstrümpfe gewählt, indem zu 1 g Thornitrat 6 mg Cernitrat genommen werden[1]).

Zur Verwendung in der Praxis eignen sich von den untersuchten Lichtarten also nur der Cerofirmstrumpf, der Auersche Glühstrumpf und die Nernstlampe.

Glühstrumpf No. 1 ist trotz seiner großen Helligkeit im Blau zu Beleuchtungszwecken nicht zu verwerten, weil bei seiner Armut an gelben und grünen Strahlen die blauen so überwiegen, daß sein Licht ganz blau erscheint.

II. Teil.

Über die Lichtemission von Thoroxyd, Ceroxyd und deren Mischungen bei verschiedenen Temperaturen.

Vorbemerkung.

Herr John[2]) hat die Strahlung verschiedener Substanzen, darunter die von Thor und Cer in der Form von Oxyden, untersucht.

---

[1]) Hartleben, Das Gasglühlicht, Chem.-Tech. Bibl. Wien 1901.

[2]) John, Wied. Ann. 56, S. 433. 1895.

Das Verfahren, das er dabei anwandte, bestand darin, daß er die eine Seite eines dünnen Platinbleches etwa mit Thoroxyd bedeckte, die andere dagegen unbestrichen ließ. Durch den elektrischen Strom brachte er dieses Blech zum Glühen und verglich die Emission der überstrichenen Fläche mit derjenigen der nicht überstrichenen für verschiedene Wellenlängen mittels spektraler Zerlegung. Das Platinblech war dabei zwar gegen äußere Luftströmungen geschützt, aber es wurde im lufterfüllten Raume geglüht, wodurch die Konvektionsströme nicht vermieden waren. Ich entschloß mich daher, die Versuche von John in der Weise zu wiederholen, daß ich zur Vermeidung der Konvektionsströme das Platinblech im luftleeren Raume glühte und dasselbe auf der einen Seite von der Mitte aus mit den zu untersuchenden Oxydschichten bedeckte. So konnte die Emission der beiden aneinander grenzenden Flächen untersucht werden. Ich legte auch Wert darauf, die Emission für verschiedene Temperaturen zu prüfen.

Zur Untersuchung gelangten Thoroxyd, Ceroxyd, dann zwei Mischungen beider, die erste bestehend aus 10 Teilen Thoroxyd und 1 Teil Ceroxyd, die zweite aus 1 Teil Thoroxyd und 10 Teilen Ceroxyd, und endlich zum Vergleiche damit noch Calcium- und Eisenoxyd.

Prinzip der Methode.

Das Prinzip der von mir angewandten Methode ist folgendes:

Das Platinblech, mittels dessen die Emission der erwähnten Oxyde geprüft werden soll, wird so vor den Doppelspalt des Spektralapparates gebracht, daß die Grenze zwischen der bestrichenen und der unbestrichenen Fläche mit der Mitte des Spaltes zusammenfällt. Die unbestrichene Fläche dient als Vergleichslicht. So hat man die beiden Spektren unmittelbar übereinander. Nun wird das Beobachtungsfernrohr auf den Spektralbereich, in dem man messen will, eingestellt und durch Veränderung der Spaltbreite gleiche Helligkeit herbeigeführt. Hieraus läßt sich die relative Helligkeit des bestrichenen und nicht bestrichenen Platinbleches bestimmen. Aus den diese Größen enthaltenden Tabellen werden Helligkeitskurven wie früher konstruiert.

Versuchsanordnung.

Die Versuchsanordnung war folgende:

Benutzt wurde derselbe Spektralapparat mit denselben Einrichtungen wie oben. Das verwendete Platinblech war 4 mm lang, 6,5 mm breit und 0,03 mm dick. Bei diesen Dimensionen war dann der Widerstand desselben so groß, daß noch Messungen für hinreichend hohe Temperaturen gemacht werden konnten.

Die Oxydschicht wurde in der Weise aufgetragen, daß die in destilliertem Wasser gelösten Nitrate mit einem Pinsel vorsichtig aufgestrichen wurden. Das Platinblech wurde nach jedem Überstreichen in die Flamme des Bunsenbrenners gehalten, wobei sich das Nitrat in Oxyd verwandelte.

Die ersten Versuche wurden mit einer durch viermaliges Überstreichen erhaltenen Thoroxydschicht angestellt und mit einer durch 6, 10 und 25maliges Überstreichen erhaltenen wiederholt. Nach 6maligem Überstreichen zeigte sich das Maximum[1]) der Emission, von da an nahm sie stetig ab und hatte daher bei 25 maligem Überstreichen einen kleineren Wert. Auch bei den meisten anderen Oxyden wurden Versuche bei 6 und 25 maligem Überstreichen angestellt; bei Calcium- und Eisenoxyd wurden dagegen nur Schichten untersucht, welche durch 25 maliges Überstreichen erhalten worden waren.

Um die Spektren scharf übereinander zu bekommen, war in den Strahlengang eine Quarzlinse eingeschaltet, welche ein Bild von dem Platinblech auf dem Spalte entwarf, so daß die Trennungslinie im Spektrum mit der Grenze auf dem Platinblech zusammenfiel.

Um das Platinblech im luftleeren Raume zu glühen, benutzte ich eine Röhre, wie sie von E. Wiedemann[2]) angegeben und in der Fig. 3 dargestellt ist.

Durch den Schliff *a* war ein Messingstab hindurchgeführt und luftdicht angekittet. Das obere Ende diente zur Zuführung des Stromes. Am anderen Ende hing das Platinblech in eine Klemme *b* fest eingespannt, frei herunter, wodurch die sonst bei der Erwärmung eintretende Krümmung desselben vermieden

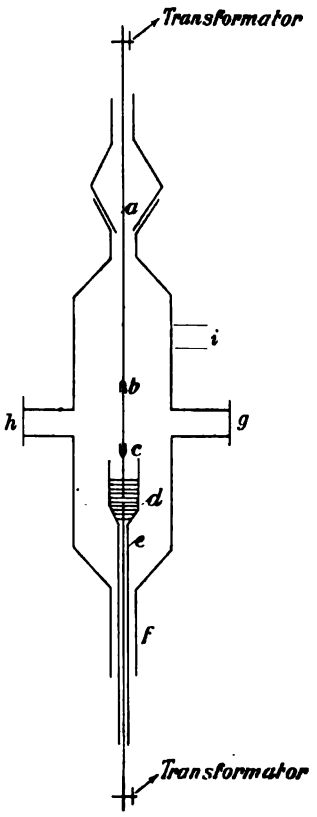
---

[1]) John, Wied. Ann. 56, S. 433. 1895.

[2]) E. Wiedemann, Wied. Ann. 37, S. 196. 1889.

wurde. Das andere Ende des Platinbleches war in eine ebensolche Klemme *c* eingespannt, welche durch einen frei herunterhängenden Kupferdraht mit dem Quecksilbernäpfchen *d* leitend verbunden war. An das Näpfchen war eine Glasröhre *e* angeschmolzen, welche durch das am unteren Ende der Röhre befindliche Ansatzrohr *f* hindurchgleiten konnte. Durch die Glasröhre *e* hindurch übermittelte ein Kupferdraht den Kontakt mit dem Quecksilber. Das Näpfchen *d* mit der angeschmolzenen Röhre *e* konnte durch die Öffnung bei *a* in die Röhre gebracht werden.

Fig. 3.



In der Mitte der Röhre, einander gegenüber, befanden sich zwei Ansatzrohre *g* und *h*. An das eine war ein Glasfenster, an das andere ein Quarzfenster luftdicht angekittet. Das erste diente zur Messung der Temperatur, durch das zweite gelangten die Strahlen zum Spektralapparat. Die beiden Fenster und das Platinblech standen immer parallel zueinander. Außerdem war die überstrichene Seite dem Quarzfenster zugewendet, um allenfalls Messungen im Ultraviolett machen zu können. Das Ansatzrohr *i* diente zum Evakuieren.

Den Strom lieferte ein Transformator, der von einer Wechselstrommaschine gespeist wurde. Die Anzahl der primären Windungen war 410, die der sekunräden 17.

Im Stromkreis des Transformators lag außerdem ein Kurbelrheostat, bei dessen Änderung man verschiedene Temperaturen erhielt.

Die Temperatur des Platinbleches wurde mit einem von mir nach den Angaben von Holborn und Kurlbaum[1]) zu-

[1]) L. Holborn und F. Kurlbaum, Ann. d. Phys. 10, S. 225. 1903.

sammengesetzten optischen Pyrometer bestimmt. Das Objektiv eines Fernrohrs hatte eine Brennweite von 9 cm, das Okular eine solche von 5 cm. Durch eine seitliche Öffnung konnte eine Glühlampe von 6 Volt Spannung in das Fernrohr eingeführt werden. Auf den Faden der Glühlampe, dessen Ebene senkrecht stand zur Achse des Fernrohres, war das Okular scharf eingestellt. Dann wurde das Platinblech durch Nähern oder Entfernen des Stativs, auf dem das Fernrohr stand, in die deutliche Sehweite gebracht. Dabei stand die Achse des Fernrohres senkrecht zur Ebene des Platinbleches. Außerdem erhielt das Fernrohr eine solche Stellung, daß der zum Messen verwendete Teil des Fadens mit der Mitte des Platinbleches sich deckte.

In den Kreis der Glühlampe war ein Ampèremeter und ein Schieberwiderstand eingeschaltet. Das Ampèremeter gestattete Ablesungen bis auf 0,01 Ampère genau und war nach einer weiter unten beschriebenen Methode für verschiedene Temperaturen des Platins geeicht.

Die Temperatur des Platinbleches bestimmt man in der Weise, daß man so viel Widerstand im Stromkreise der Glühlampe ausschaltet, bis die Helligkeit des Glühlampenfadens nicht mehr unterschieden werden kann von der Helligkeit der leuchtenden Platinfläche. Für diese Stellung liest man die Zahl der Ampères ab. Die Eichungskurve für das Ampèremeter gibt dazu die Temperatur.

Um die Messungen in den einzelnen Teilen des Spektrums zu erleichtern, befand sich im Beobachtungsfernrohr an Stelle des Fadenkreuzes eine enge Blende, welche wie das Fadenkreuz auf den Teilstrich eingestellt wurde, bei dem man messen wollte.

Zur Bestimmung der relativen Helligkeiten diente, wie erwähnt, das Vierordtsche Photometer unter Benutzung der im ersten Teile angegebenen Formel. Da aber nur der sichtbare Teil des Spektrums untersucht wurde, so wurden keine photographischen Aufnahmen gemacht.

Die Helligkeitskurven wurden in der oben angegebenen Weise gezeichnet.

Eichung des Ampèremeters für Temperaturen.

Zur Eichung des Ampèremeters in Bezug auf Temperaturen wurde eine Nullmethode benutzt. Die Versuchsanordnung war folgende:

Den einen Stromkreis bildet ein Thermoelement, verbunden durch den Widerstand von 1 Ohm mit einem Galvanometer, den anderen ein doppelzelliger Akkumulator, ein Unterbrecher, ein Milliampèremeter, derselbe Widerstand von 1 Ohm, ein großer und ein kleiner Schieberrheostat.

Das Thermoelement verdankte ich der Güte des Herrn Dr. A. Wehnelt. Dasselbe bestand aus einem Platin-Rhodiumdrahte und war in der physikalisch-technischen Reichsanstalt geeicht worden für verschiedene Temperaturen bezogen auf Milliampères bei der oben gegebenen Versuchsanordnung. Hieraus wurde dann die Eichungskurve für das Thermoelement gezeichnet, indem die Temperaturen als Abscissen und die ihnen entsprechenden Milliampères als Ordinaten aufgetragen wurden. Um eine möglichst genaue Temperaturangabe zu bekommen, war der Platin-Rhodiumdraht zwischen zwei Platinfolien so hindurchgezogen, daß die Lötstelle möglichst in die Mitte zu liegen kam.

Die Platinfolien befanden sich in einer zum Evakuieren hergerichteten Röhre von ähnlicher Beschaffenheit wie die S. 19 beschriebene. Das Thermoelement wurde durch seitliche Ansätze in der Mitte der Röhre in dieselbe eingeführt. Den Strom lieferte derselbe Transformator wie oben. Auch der Widerstand war derselbe.

Wurden nun die Platinfolien erwärmt, so gab das Galvanometer einen Ausschlag, der aber durch die elektromotorische Kraft des Akkumulators kompensiert wurde. Der große Widerstand diente zur groben, der kleine zur feinen Einstellung.

Auf die eine der beiden Platinfolien war nun wieder das oben erwähnte optische Pyrometer eingestellt und auch hier wurde wieder gleiche Helligkeit zwischen dem Glühlampenfaden und der leuchtenden Platinfläche herbeigeführt. Darauf wurden die Milliampères, die zur Kompensation notwendig waren, abgelesen. Aus der Eichungskurve für das Thermoelement ergab sich dann die zugehörige Temperatur. Hierauf wurden die Ampères

abgelesen, welche durch die Glühlampe hindurchgingen. Aus dieser Beziehung zwischen Ampère und Temperatur wurde dann die Eichungskurve für das Ampèremeter gezeichnet, indem die Temperaturen als Abscissen und die zugehörigen Ampères als Ordinaten aufgetragen wurden.

Bestimmung der relativen Helligkeit.

Die Tabellen sind in der Weise angeordnet, daß λ die Wellenlänge, x, y, z die relativen Helligkeiten bezeichnen, wie sie den Temperaturen 1050°, 1250° und 1500° entsprechen.

Die Kurven sind in der Weise gezeichnet, daß die Wellenlängen als Abscissen und die ihnen entsprechenden Helligkeiten als Ordinaten aufgetragen sind. Da aber alle gleichen Verlauf zeigen, so begnügte ich mich damit, hier nur drei wiederzugeben, so wie sie aus der Tabelle A IV hervorgehen. (Fig. 4.)

Tabelle A.

Thoroxyd.

I. Blech 4mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,95	0,88	0,82
632	0,97	0,93	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,10
522	1,09	1,13	1,22
497	1,14	1,21	1,35
476	—	1,30	1,48

II. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,91	0,85	0,80
632	0,95	0,92	0,88
590	1,0	1,0	1,0
554	1,05	1,08	1,14
522	1,11	1,18	1,29
497	1,18	1,29	1,42
476	—	—	1,58

III. Blech 10mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,95	0,92	0,85
632	0,97	0,95	0,91
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,11
522	1,09	1,13	1,23
497	1,15	1,21	1,35
476	—	—	1,48

IV. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,98	0,94	0,90
632	0,99	0,97	0,94
590	1,0	1,0	1,0
554	1,03	1,05	1,08
522	1,06	1,10	1,16
497	1,09	1,16	1,24
476	—	—	1,33

Tabelle B.

Ceroxyd.

I. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,93	0,87	0,82
632	0,96	0,92	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,05	1,08	1,12
522	1,10	1,16	1,24
497	1,16	1,25	1,38
476	—	—	1,52

II. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,97	0,92	0,88
632	0,98	0,95	0,93
590	1,0	1,0	1,0
554	1,03	1,06	1,09
522	1,06	1,13	1,18
597	1,09	1,20	1,26
476	—	—	—

Tabelle C.

10 Teile Thoroxyd + 1 Teil Ceroxyd.

I. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,93	0,90	0,82
632	0,96	0,94	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,07	1,11
522	1,09	1,15	1,24
497	1,15	1,24	1,37
476	—	—	1,51

II. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,96	0,93	0,88
632	0,98	0,96	0,92
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,11
522	1,09	1,13	1,22
497	1,14	1,20	1,33
476	—	—	—

Tabelle D.

1 Teil Thoroxyd + 10 Teile Ceroxyd.

I. Blech 6mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,90	0,84	0,77
632	0,95	0,91	0,88
590	1,0	1,0	1,0
554	1,05	1,10	1,14
522	1,11	1,21	1,30
497	1,19	1,31	1,44
476	—	—	1,58

II. Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,97	0,94	0,90
632	0,98	0,96	0,94
590	1,0	1,0	1,0
554	1,04	1,06	1,08
522	1,09	1,12	1,18
497	1,14	1,19	1,27
476	—	—	—

Tabelle E.

Calciumoxyd.

Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,96	0,94	0,90
632	0,98	0,96	0,94
590	1,0	1,0	1,0
554	1,03	1,06	1,10
522	1,06	1,13	1,20
497	1,10	1,19	1,30
476	—	—	—

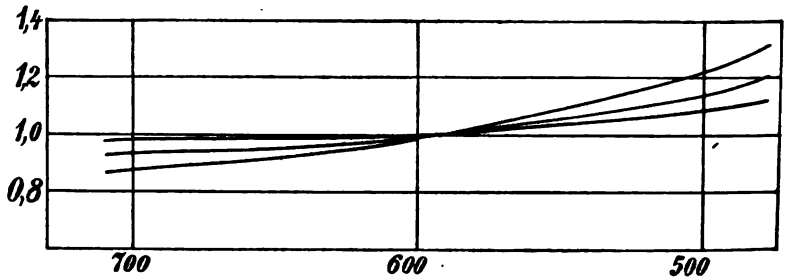
Tabelle F.

Eisenoxyd.

Blech 25mal überstrichen.

λ	x	y	z
681	0,95	0,90	0,85
632	0,97	0,94	0,90
590	1,0	1,0	1,0
554	1,06	1,09	1,13
522	1,13	1,19	1,26
497	1,21	1,29	1,38
476	—	—	—

Fig. 4.



Resultat.

Aus den Zahlen und Kurven folgt, daß, wenn wir die relative Helligkeit für $\lambda = 590\ \mu\mu$ gleich 1 setzen, die Emission in dem Blau größer ist als in dem Rot. Es läßt sich dies vielleicht auf eine allgemeine nach dem Blau zunehmende Ab-

sorption zurückführen. In der Tat fand ich, ähnlich wie andere, daß Cer- und Thorsulfat im Violett und besonders im Ultraviolett sehr große Absorption zeigen. Ich prüfte die Absorption in der Weise, daß ich vom Kadmiumfunken ein Spektrum auf einem fluoreszierenden Schirme entwarf und in den Strahlengang einmal eine mit Thor- oder Cersulfat gefüllte Röhre brachte, dann eine ebensolche, welche destilliertes Wasser enthielt. Doch müssen die Schichtdicken ziemlich groß gewählt werden, wenn sich die erwartete Absorption deutlich zeigen soll.

Sehr eigen ist, daß der Verlauf der Kurven bei allen Oxyden der gleiche ist. Die selektive Emission bei den Glühstrümpfen zeigt sich also bei dieser Versuchsanordnung nicht. Es dürfte dieselbe im ersten Falle auf einer besonderen Art der Verteilung der Oxyde beruhen.

Zum Schlusse sei es gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. E. Wiedemann, für die Anregung zu dieser Arbeit und seine vielseitige Unterstützung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Auch den Herren Professor Dr. G. C. Schmidt, Dr. A. Wehnelt und Dr. Reiger fühle ich mich für ihre liebenswürdige Hilfe zu großem Danke verpflichtet.

Zur quantitativen Bestimmung des Tellurs.

Von A. Gutbier.

Aus dem chemischen Institut der Universität Erlangen.

Zur gewichtsanalytischen Bestimmung des Tellurs stehen mehrere Methoden zur Verfügung, von denen aber nur zwei[1]) näher in Betracht kommen können, nämlich die Wägung des durch irgendwelche Reduktionsmittel abgeschiedenen metallischen Tellurs und die Wägung des Tellurs in Form seines Dioxydes.

Selbstverständlich stehe auch ich nicht im geringsten an, der Bestimmung und Wägung des Tellurs als Dioxyd den Vorzug zu geben, wenn eine solche — was aber nur in sehr wenigen Fällen vorkommt — direkt ausführbar ist! Bei dem weitaus größten Teile aller analytischen Untersuchungen aber — ich brauche hier ja nur an die Analysen des Tellurdioxydes, der Tellursäure, der Tellurhalogenverbindungen, der Salze der verschiedenen Säuren u. a. m. zu erinnern — ist eine derartige Bestimmungsmethode nicht anwendbar, und man ist daher in solchen Fällen dazu gezwungen, das Tellur aus seinen Verbindungen durch Reduktionsmittel abzuscheiden und zur Wägung des so erhaltenen Tellurs zu schreiten.

Da man aber noch verschiedentlich der Ansicht zu sein scheint, daß man auf diese Weise genaue und sichere Resultate nicht erhalten könne, beabsichtige ich, im folgenden, gestützt auf die bei meinen Untersuchungen über das Tellur gesammelten Erfahrungen und nicht minder gestützt auf eine recht stattliche Anzahl von Analysen, den Beweis dafür zu erbringen, daß es recht wohl möglich ist, bei genauer Arbeit und Übung das Tellur durch Reduktionsmittel aus seinen Verbindungen quantitativ niederzuschlagen und als solches auch zur exakten Wägung bringen zu können.

---

[1]) Vgl. Gutbier, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 34, 2724.

Daß diese meine Ansicht auch von anderen Forschern geteilt wird, geht nicht allein aus den Arbeiten von P. Jannasch[1]), von R. Weinland[2]), G. Pellini[3]) und von R. W. Emerson Mac Jvor[4]), sondern vor allem auch daraus hervor, daß P. Treadwell[5]) — doch sicher die hervorragendste Autorität auf dem Gebiete der analytischen Chemie! — über die Bestimmung und Wägung des Tellurs — ohne besondere Vorsichtsmaßregeln! — folgendes schreibt: „Die Oxydation des Tellurs während des Trocknens ist so gering, daß sie vernachlässigt werden kann!"

Ich würde über dieses Kapitel der analytischen Chemie nach den vielfachen kurzen Andeutungen, welche ich bereits über die quantitative Bestimmung des uns hier interessierenden Elementes gegeben habe[6]), überhaupt kein Wort mehr verlieren, wenn ich nicht verhindern zu müssen glaubte, daß hierüber eventuell unrichtige Angaben in die Lehrbücher und Handbücher aufgenommen werden.

Es ist natürlich von vornherein klar, daß man sich bei einem Elemente, welches so stark der Oxydationsfähigkeit ausgesetzt ist, wie eben gerade das Tellur in frisch gefälltem und somit fein verteiltem Zustande, erst durch verschiedene quantitative Analysen einarbeiten muß, ehe man imstande ist, eine exakte gewichtsanalytische Bestimmung des Tellurs auszuführen, und daß man sich ferner die genaue Einhaltung gewisser Vorsichtsmaßregeln, welche ja bekanntlich nicht immer sofort, sondern erst bei dem eingehenden Studium eines Problems aufgefunden zu werden pflegen, unbedingt zur Pflicht machen muß, damit man überhaupt zu einem annehmbaren Resultate gelangt, welchem ein wissenschaftlicher Wert beigemessen werden kann!

Ich werde in den nun folgenden Zeilen nochmals genauer auf alle Bedingungen hinweisen, von deren Beachtung das

---

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 31, 2293.

[2]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 28, 50.

[3]) Gaz. chim. ital. 33, I, 515.

[4]) Chem. News. 87, 17.

[5]) Analytische Chemie, II, 179. 1902.

[6]) Vgl. Studien über das Tellur S. 20 ff. Lieb. Ann. 320, 52. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 34, 2724. Zeitschr. f. anorg. Chem. 29, 22; 31, 331, 340; 32, 81, 96, 108, 260, 272 und 295.

Schicksal einer mit Reduktionsmitteln auszuführenden Tellurbestimmung abhängig ist, und welche bei sachgemäßer Anwendung ein einwandfreies Resultat liefern.

Im allgemeinen soll das Flüssigkeitsquantum, aus welchem das Tellur abgeschieden wird, möglichst gering sein; denn bei Anwesenheit von viel Wasser entsteht bei der Reduktion leicht das flüssige Hydrosol des Tellurs, über welches ich vor einiger Zeit berichtet habe[1]), und welches, wie ich zeigen konnte, selbst in sauren Lösungen noch ziemlich beständig ist und erst durch energisches Kochen und Konzentrieren der Flüssigkeit nach und nach zerstört werden kann.

Anwesenheit von Salpetersäure — selbst in den geringsten Spuren! — macht infolge der überaus leichten Löslichkeit des fein verteilten Tellurs in diesem Oxydationsmittel eine quantitative Fällung von vornherein unmöglich; enthält die zur Analyse zu verwendende Lösung irgendwelche Mengen von Salpetersäure und sollen diese letzteren durch Eindampfen mit Salzsäure entfernt werden, so ist bei exakten Analysen der Flüssigkeit entweder Natriumchlorid oder Ammoniumchlorid in angemessener Menge zuzusetzen, da das Tellurtetrachlorid, wie aus den schönen Untersuchungen von B. Brauner[2]) hervorgeht, mit den entweichenden Säuredämpfen flüchtig ist und diese unangenehme Eigenschaft nur dann verliert, wenn es durch die Anwesenheit der genannten Alkalichloride zur Bildung von Doppelsalzen befähigt wird.

Indessen ist auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Lösung, aus welcher das Tellur durch irgendwelche Reduktionsmittel abgeschieden werden soll, nicht zuviel freie Salzsäure enthalten darf, denn das frischgefällte Tellur ist bei Luftzutritt selbst unter Salzsäure der Oxydation leicht zugänglich[3]): es wird daher bei Anwesenheit eines Überschusses von Salzsäure leicht ein Teil des Tellurs als Tellurtetrachlorid in Lösung zurückgehalten werden können.

Auch Schwefelsäure verhindert, wie ich bereits mitgeteilt

---

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 32, 51 und 90.

[2]) Monatsh. f. Chem. 1889, 426.

[3]) A. Gutbier, Studien über das Tellur S. 20 ff. Zeitschr. f. anorg. Chem. 32, 44. Siehe auch P. Köthner, Lieb. Ann. 319, 1.

habe[1]), die quantitative Abscheidung des Tellurs; nach meinen diesbezüglichen Untersuchungen löst sich frisch gefälltes Tellur immer in merklichen Mengen in heißer, selbst noch so verdünnter Schwefelsäure auf; andererseits geht aus den Arbeiten des Herrn B. Brauner hervor, daß sich die Schwefelsäure aus dem Tellurniederschlage selbst durch fortgesetztes Waschen kaum wieder ganz entfernen läßt!

Nach den zahlreichen quantitativen Analysen, welche wir ausgeführt haben und bei welchen das metallische Tellur als Wägungsform benutzt worden ist, kann ich die Verwendung des Hydrazinhydrates nur immer wieder lebhaft empfehlen, zumal dieses Reagens die nicht zu unterschätzende Eigenschaft besitzt, sämtliche Tellurverbindungen — und somit auch diejenigen, in welchen das Tellur die Rolle eines sechswertigen Elementes spielt — quantitativ zu metallischem Tellur zu reduzieren[2]).

Ich habe bereits früher an anderer Stelle[3]) darauf aufmerksam gemacht, daß man sehr wohl imstande ist, das Tellur bei Anwendung von Hydrazinhydrat aus allen seinen Verbindungen mit einer einmaligen Fällung[4]) quantitativ niederzuschlagen, wenn man nur so vorsichtig ist, der Lösung von Anfang an nicht zu wenig Hydrazinhydrat hinzuzufügen und den Rand der Schale, in welcher die Reduktion vorgenommen wird, des öfteren mit reinem Wasser abzuspritzen, um auf diese Weise die am Rande befindliche Flüssigkeit immer von neuem wieder in Reaktion zu bringen.

Ich kann auf Grund meiner Erfahrungen versichern, daß sich diese Vorschrift bei allen von uns ausgeführten Analysen ganz vortrefflich bewährt hat!

---

[1]) a. a. O.

[2]) a. a. O.

[3]) Lieb. Ann. 320, 52 ff.

[4]) Bekanntlich mußte man früher die Verbindungen des sechswertigen Tellurs, z. B. die Tellursäure, erst durch Kochen mit konzentrierter Salzsäure — bis zu dem Verschwinden des Chlorgeruches — zu denjenigen des vierwertigen Tellur zu reduzieren; da jedoch dieses Verfahren infolge der oben erwähnten Flüchtigkeit des Tellurtetrachlorides eine große Fehlerquelle einschließt, ist es klar, daß die Anwendung von Hydrazinhydrat, welches z. B. die Tellursäure in wässriger Lösung glatt und quantitativ zu Tellur reduziert, gegenüber allen anderen Reduktionsmitteln einen sehr großen Vorteil bietet!

Was nun das Dekantieren und das Auswaschen des abgeschiedenen Tellurniederschlages anbetrifft, so habe ich bereits darauf hingewiesen[1]), daß diese Operation nur mit lauwarmem, aber nicht mit heißem Wasser ausgeführt werden darf, da das frisch gefällte Tellur sich heißem Wasser gegenüber auch als nicht widerstandsfähig erwiesen hat. So ist es, wie ich an der soeben zitierten Stelle mitteilen konnte, mehr als einmal — und namentlich bei den in salzsaurer Lösung vorgenommenen Tellurbestimmungen — vorgekommen, daß das erste Filtrat des ausgeschiedenen Tellurs sich als vollkommen rein erwiesen hat, während das Waschwasser bei Anwendung von heißem Wasser wägbare Mengen von Tellur enthielt; bei dem Auswaschen des Niederschlages mit lauwarmem Wasser tritt dieser Fall nur selten und meist gar nicht in den Fällen ein, in welchen man dafür sorgt, daß der Niederschlag immer gleichmäßig benetzt bleibt.

Die am meisten zahlreichen Fehler bei der gewichtsanalytischen Bestimmung des Tellurs nach der Reduktionsmethode werden aber — wie ich immer wieder zu beobachten die Gelegenheit habe — sicher bei dem Trocknen der abfiltrierten Niederschläge gemacht.

Wie es aus meinen früheren Mitteilungen über diesen Gegenstand ersichtlich ist[2]), habe ich nicht allein gelegentlich meiner ersten Atomgewichtsbestimmungen[3]), sondern auch zu den meisten anderen Analysen das Abfiltrieren des durch Reduktionsmittel abgeschiedenen Niederschlages durch die von Neubauer konstruierten Platintiegel bewerkstelligt. Diese Tiegel übertreffen an Filtrationsgeschwindigkeit, Sauberkeit, Sicherheit in der Handhabung und absoluter Undurchlässigkeit alle anderen Filtrierapparate; sie haben sich bei der Filtration und bei dem Trocknen von allen leicht oxydierbaren Niederschlägen, wie z. B. Tellur, Wismuth, Kupfer, Selen u. a. m., bestens bewährt!

Ich halte es nach meinen Erfahrungen für das einzig Richtige und Empfehlenswerte, bei einem der Oxydation so

---

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 32, 40.

[2]) Lieb. Ann. 320, 52. Studien über das Tellur S. 85. Zeitschr. f. anorg. Chem. 31, 338.

[3]) Lieb. Ann. 320, 52.

leicht zugänglichen Niederschlage, wie ihn eben das Tellur in frisch gefälltem Zustande darstellt, nach folgender Weise zu verfahren:

Der von jeder Spur eines Niederschlages sorgfältig gereinigte Neubauer-Tiegel welcher vor Beginn der Analyse bei 105° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet worden war, darf nach dem Auffiltrieren des abgeschiedenen Tellurs mit letzterem bei dem ersten Trocknen auf 105° nicht länger als 20 Minuten im Trockenschranke belassen werden; dann soll das weitere Trocknen bis zur Gewichtskonstanz nicht länger als je 10 Minuten andauern.

Während des Erkaltens soll der Tiegel bei allen Analysen bis zur Wägung in einem mit Phosphorpentoxyd beschickten Exsikkator, welchen man evakuiert, aufbewahrt werden. Hat man vor, ganz exakte Analysen auszuführen, so trocknet man den Tiegel sowohl für sich als auch hinterher mit dem Tellurniederschlage zusammen in einem lebhaften Strome reinen und absolut trockenen Wasserstoffgases.

Fällung, Trocknen und Wägung des Tellurs hat nach den exakten Untersuchungen, welche Herr E. Rohn im hiesigen Laboratorium auf meine Veranlassung hin ausgeführt hat, stets an einem und demselben Tage zu geschehen; vor allem anderen ist aber besonders auch darauf zu achten, daß jeder Niederschlag für sich allein zu trocknen ist, da erfahrungsgemäß die verschiedenen Tellurabscheidungen auch verschieden lange Zeit gebrauchen, ehe sie Gewichtskonstanz angenommen haben.

Was diesen letzteren Punkt anbelangt, so ist durch die Untersuchungen des Herrn E. Rohn genau festgestellt worden, daß bei fast allen Tellurniederschlägen meist schon nach 45 bis 50 Minuten andauerndem Erhitzen auf 105° Gewichtskonstanz erreicht worden ist, und daß das Gewicht erst nach mehr als einstündigem Erhitzen langsam zunimmt, wenn man nicht dafür sorgt, daß ein lebhafter Wasserstoffstrom den Trockenschrank während des Erhitzens durchstreicht.

Im allgemeinen scheint man sich über die Oxydationsfähigkeit des fein verteilten Tellurs ganz falsche Vorstellungen zu machen und anzunehmen, daß die Hauptmenge der abgeschiedenen Masse während des Erhitzens auf 105° in Telluroxyd verwandelt werden könne.

Daß dies nicht der Fall ist, konnte ich bereits früher nachweisen: Aus den Bemerkungen, welche ich anläßlich meiner ersten Atomgewichtsbestimmungen gemacht habe, geht klar hervor, daß vor allen Dingen nur die dünne Haut von metallischem Tellur, welche bei der Reduktion der Lösungen in geringer Menge auf der Oberfläche der Flüssigkeiten zurückbleibt, der Oxydation ausgesetzt ist.

Indessen sind diese Mengen nur immer sehr gering, da sie bei Anwendung von 1 g Tellurdioxyd kaum das Gewicht von 1 mg erreichen, und andererseits ist die Oxydation, welche selbst bei andauerndem Erhitzen meist nur zur Hälfte bis zum Tellurdioxyd geht, so verschwindend klein, daß der dadurch entstandene Fehler bei gewöhnlichen Analysen überhaupt kaum berücksichtigt werden kann!

Im übrigen habe ich ja auch bereits darauf hingewiesen[1]), daß man ein sehr einfaches und elegantes Mittel besitzt, um sich von der Brauchbarkeit einer Tellurbestimmung zu überzeugen: man braucht nur den Tiegelinhalt nach der letzten Wägung mit warmer, reiner Salzsäure zu übergießen. Bleibt die Flüssigkeit ungefärbt, so enthielt das gewogene Tellur keine Spur von Tellurdioxyd, während die Säure bei Anwesenheit der letzteren sofort die wohlbekannte grünlichgelbe Färbung annimmt.

Daß selbstverständlich auch in jedem Filtrate und auch in dem Waschwasser — eventuell nach dem Einengen auf ein angemessenes Flüssigkeitsquantum — eine Probe auf vollständige Fällung zu erfolgen hat, und daß ein hierbei eventuell noch entstehender Niederschlag für sich auf die gleiche Weise zu behandeln ist, braucht wohl nicht erwähnt zu werden!

Im Anschlusse an diese Ausführungen und zum Beweise für die Richtigkeit meiner Angaben seien in der Tabelle die Resultate einiger Analysen mitgeteilt, welche unter Anwendung von Hydrazinhydrat im engsten Anschlusse an alle gegebenen Vorsichtsmaßregeln ausgeführt wurden und welche zeigen, daß die Wägung des metallischen Tellurs zu befriedigenden Resultaten führt[2]).

---

[1]) Lieb. Ann. 320, 52.

[2]) Die Tellursäure war nach dem Staudenmaierschen Verfahren und das Tellurdioxyd durch Erhitzen der Tellursäure gewonnen worden.

Nr.	Angewandt	Gefunden	% Te Gefunden	% Te Berechnet
1	0,2055 gr H_6TeO_6	0,1142 gr. Te	55,57	55,56
2	0,2956 „ „	0,1647 „ „	55,71	„
3	0,1743 „ „	0,0971 „ „	55,70	„
4	0,2629 „ „	0,1462 „ „	55,61	„
5	0,3583 „ „	0,1988 „ „	55,26	„
6	0,5020 „ „	0,2791 „ „	55,60	„
7	0,1239 „ TeO_2	0,0987 „ „	79,70	79,95
8	0,2508 „ „	0,2011 „ „	80,20	„
9	0,2800 „ „	0,2235 „ „	79,82	„
10	0,1998 „ „	0,1599 „ „	80,05	„
11	0,3057 „ „	0,2451 „ „	80,18	„
12	0,3929 „ „	0,3143 „ „	79,99	„

Über die jodometrische Bestimmung der Tellursäure.

Von A. Gutbier und F. Resenscheck.

Aus dem chemischen Institut der Universität Erlangen.

Obwohl man in dem Hydrazinhydrat ein ausgezeichnetes Reduktionsmittel für die Tellursäure besitzt[1]) und mit Hilfe dieses Reagenses sehr schöne gewichtsanalytische Bestimmungen der Tellursäure — durch Wägung des abgeschiedenen Tellurs — auszuführen imstande ist, schien es uns doch wünschenswert, eine einfache Methode auszuarbeiten, nach welcher sich die Tellursäure auch auf indirektem Wege analysieren lassen würde.

Von der Tatsache ausgehend, daß diejenigen Verbindungen, in welchen das Tellur die Rolle eines sechswertigen Elementes spielt, durch Erwärmen mit konzentrierter Salzsäure unter Chlorentwickelung zu vierwertigen Tellurverbindungen reduziert werden, versuchten wir durch Anwendung der jodometrischen Bestimmungsmethoden unseren Zweck zu erreichen und wollen hier die Resultate unserer Untersuchungen kurz mitteilen.

F. A. Gooch und J. Howland[2]) haben bekanntlich gezeigt, daß die Tellursäure durch Jodkalium in saurer Lösung energisch reduziert wird; die titrimetrische Bestimmung des ausgeschiedenen Jodes ließ aber erkennen, daß die Reduktion in jedem Falle weiter als nur bis zur Bildung von telluriger Säure gehe, und daß aus diesem Grunde eine maßanalytische Bestimmung der Tellursäure auf diesem Wege nicht ausführbar ist.

Bessere Resultate erhielten die genannten Forscher bei der Anwendung von Bromkalium, so daß sie schließlich dieses Reagens

---

[1]) A. Gutbier, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 34, 2724.

[2]) F. A. Gooch und J. Howland, Zeitschr. f. anorg. Chem. 7, 132.

mit gutem Erfolge für die Analyse der Tellursäure verwenden konnten.

Die Versuche wurden so ausgeführt, daß die abgewogene Menge der Substanz in einer Voitschen Gaswaschflasche mit angeschmolzenem, inneren Rohre und mit einem eingeschliffenen Ableitungsrohre, welches direkt an das innere Rohr einer Drechselschen Waschflasche angeschmolzen war, mit Bromkalium und mäßig verdünnter Schwefelsäure (1 : 1) im Kohlensäurestrome erhitzt wurde. Das ausgetriebene Brom wurde teils in der Waschflasche, teils in einem sich daran anschließenden Will-Varrentrappschen Absorptionsapparate in Jodkaliumlösung absorbiert, worauf das so ausgeschiedene Jod mit einer bekannten Natriumthiosulfatlösung zurücktitriert wurde.

Die erhaltenen Analysenresultate zeigen eine recht gute Übereinstimmung untereinander und weisen bei Anwendung von 0,01 bis 0,5 g Tellursäure einen Maximalfehler von 0,0006 g auf.

Wir haben nun versucht, die Reaktion

$$TeO_3 + 2HCl = TeO_2 + Cl_2 + H_2O$$

zur maßanalytischen Bestimmung der Tellursäure zu verwenden und zur Ausführung der Analysen zunächst folgenden Weg eingeschlagen:

In das Destillationskölbchen des einfachen, wohlbekannten Bunsenschen Apparates wurde eine genau abgewogene Menge der nach dem Staudenmaierschen[1]) Verfahren dargestellten Tellursäure in ca. 10 ccm kaltem Wasser gelöst, worauf ca. 3 g Chlorkalium und etwas mehr als die berechnete Menge mäßig verdünnter Schwefelsäure (1 : 1) hinzugefügt wurde; der Bauch der Retorte war mit einer reinen $^2/_{10}$ normalen Lösung von Jodkalium angefüllt.

Da wir uns durch blinde Versuche davon überzeugt hatten, daß unter diesen Bedingungen die Tellursäure bei gewöhnlicher Temperatur absolut nicht verändert wird, brauchten besondere Vorsichtsmaßregeln nicht beobachtet zu werden; nachdem der Apparat vorschriftsmäßig zusammengesetzt worden war, wurde der Kolbeninhalt zum Austreiben der in dem Destillationskölbchen enthaltenen Luft in der bei solchen Bestimmungen üblichen Art erwärmt.

---

[1]) L. Staudenmaier, Zeitschr. f. anorg. Chem. 10, 189.

Schon nach ganz kurzer Zeit trat das bekannte, knarrende Geräusch der überdestillierenden Salzsäuredämpfe auf, während die Entwickelung von Chlor und somit die Ausscheidung von Jod in der Retorte erst nach geraumer Zeit, dann aber nur sehr langsam und, wie die erhaltenen Resultate zeigten, nur unvollkommen erfolgte.

Der Kolbeninhalt wurde so weit abdestilliert, bis sich die Kristalle des gebildeten Kaliumsulfates abschieden; dann wurde der Inhalt der Retorte, welche natürlich während der Destillation gut gekühlt worden war, in ein geräumiges Becherglas übergeführt und die Retorte sowie das Gasableitungsrohr sorgfältig mit Wasser in das Glas abgespült, worauf die Flüssigkeit sich nun so lange selbst überlassen blieb, bis sie die Zimmertemperatur angenommen hatte. Jetzt wurde das abgeschiedene Jod mit einer genau eingestellten $^1/_{10}$normalen Natriumthiosulfatlösung unter Zugabe einiger weniger Tropfen Stärkelösung auf farblos zurücktitriert.

Sämtliche Titrationen, von denen hier zwei angeführt werden sollen, ergaben die überraschende Tatsache, daß die abgeschiedenen Jodmengen im Verhältnisse zu der Menge der angewandten Tellursäure viel zu gering waren und es auch blieben, selbst als die Mengenverhältnisse zwischen Chlorkalium und Schwefelsäure in mehrfacher Weise modifiziert wurden!

Wir erhielten z. B. folgende Resultate:

1. 0,1000 g H_6TeO_6 entsprachen 0,8 ccm $\frac{n}{10}$ $Na_2S_2O_3$.

2. 1,1480 g H_6TeO_6 entsprachen 0,8 ccm $\frac{n}{10}$ $Na_2S_2O_3$.

Berechnet:	Gefunden:
6,96 % O.	0,64 % O.
	0,05 % O.

Während wir noch mit der vorstehend kurz beschriebenen Untersuchung beschäftigt waren, deren Resultate über die Unbrauchbarkeit dieser Methode wahrlich keinen Zweifel mehr zuließen, wurden wir mit einer Arbeit des Herrn Kuno B. Heberlein[1]) bekannt, welcher mit dem gleichen einfachen Apparate, aber allerdings unter Anwendung von konzentrierter

[1]) Kuno B. Heberlein, Inauguraldissertation. Basel. 1898.

Salzsäure so brauchbare Resultate erhalten hat, daß er auf diese Methode eine Atomgewichtsbestimmung des Tellurs gründen zu können glaubte.

Wir entschlossen uns daher sofort, zur Kontrolle einige Bestimmungen in der von K. B. Heberlein angegebenen Weise durchzuführen, und verfuhren daher, wie folgt:

Eine genau abgewogene Menge Tellursäure wurde in das Destillationskölbchen übergeführt und mit 50 ccm rauchender Salzsäure übergossen; durch sofortiges Verbinden des Kölbchens mit dem Gasableitungsrohre und der Retorte läßt sich ein Verlust an Chlor wohl vermeiden.

Nun wurde der Kolbeninhalt wieder erwärmt; nach kurzer Zeit, während welcher die in dem Kölbchen befindliche Luft ausgetrieben worden war, schon ließ sich an der Braunfärbung des gut gekühlten Retorteninhaltes die beginnende Ausscheidung von Jod erkennen. Bei den ersten Analysen wurde nach der von K. B. Heberlein gegebenen Vorschrift ungefähr die Hälfte der Salzsäure abdestilliert, während späterhin der Kolbeninhalt aus Gründen, die wir sofort angeben werden, bis fast zur Trockene abgedampft wurde. Nach Vollendung der Reaktion wurde das ausgeschiedene Jod in der oben angegebenen Weise peinlichst genau bestimmt:

Wir erhielten unter anderem folgende Resultate:

1. 0,3018 g H_6TeO_6 entsprachen 24,0 ccm $\frac{n}{10}$ $Na_2S_2O_3$.

2. 0,1969 g H_6TeO_6 entsprachen 16,7 ccm $\frac{n}{10}$ $Na_2S_2O_3$.

3. 0,1530 g H_6TeO_6 entsprachen 12,8 ccm $\frac{n}{10}$ $Na_2S_2O_3$.

Berechnet:	Gefunden:
	1. 6,36% O.
6,96% O.	2. 6,78% O.
	3. 6,69% O.

Aus diesen Resultaten läßt sich erkennen, daß die erhaltenen Zahlen ziemlich nahe an die berechneten herankommen; eine bessere Übereinstimmung läßt sich jedoch unter den angegebenen Bedingungen nicht erreichen, denn die Methode besitzt folgende Fehlerquellen:

Es gelingt auf die beschriebene Weise niemals, die gesamte

Menge des entwickelten Chlors aus dem Destillationskölbchen herauszubringen!

Wir haben, wenn wir nach den Angaben von Heberlein verfuhren und somit nur die Hälfte der Salzsäure abdestillierten, jedesmal nach dem Auseinandernehmen des Apparates in dem Destillationskölbchen schon durch den Geruch Chlor nachweisen können, und auch in den Fällen, in welchen der Kolbeninhalt bis fast zur Trockene verdampft war, konnten wir in dem Destillationsrückstande noch Chlor auffinden.

Durch diese unangenehme Erscheinung wird natürlich das Resultat in erheblichstem Maße beeinflußt, und außerdem verbietet sich die Anwendung von mehr als 0,5 g Tellursäure von selbst, wenn man nicht, wie es ja F. A. Gooch und J. Howland getan haben, die Reduktion in einem Strome von Kohlendioxyd vornimmt und somit diese Fehlerquelle auf ein Minimum reduziert!

Außerdem ist auch noch darauf aufmerksam zu machen, daß schon bei der Vorbereitung zur Analyse leicht eine geringe Menge Chlor entweichen kann, wenn man nicht gut gekühlte Salzsäure verwendet und das Kölbchen nach dem Einfüllen der Säure sehr rasch mit dem Apparate verbindet.

Allerdings läßt sich auch diese Fehlerquelle leicht ausschließen, aber, wie hervorgehoben werden möge, nur dadurch, daß man das Destillationskölbchen mit einem eingeschliffenen Glasstopfen versieht, in den einerseits das Gasableitungsrohr und andererseits ein kleiner, mit einem Hahn verschließbarer Tropftrichter eingeschmolzen ist, durch welchen man bei zusammengesetztem Apparate die zur Reduktion notwendige Menge Salzsäure zutropfen lassen kann.

Beide Vorsichtsmaßregeln sind von Herrn K. B. Heberlein nicht angewendet worden; wir behalten uns vor demnächst nochmals auf die Arbeit des Herrn K. B. Heberlein zurückzukommen.

Eigenschaften von Salzlösungen in Gemischen von Alkohol und Wasser.

Von Alfred Fleckenstein.

Aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.

Einleitung.

Zu den Gebieten, welche noch nach verschiedenen Richtungen einer Untersuchung bedürfen, gehören die Eigenschaften von Salzlösungen in Gemischen zweier Flüssigkeiten; Untersuchungen hierüber können in manchen Fällen zu Resultaten von Interesse führen, wie dies z. B. bei den Versuchen von R. Pleuß[1]) über „Verteilung eines gelösten Körpers zwischen den Komponenten eines Gemisches zweier Lösungsmittel" der Fall war.

Ich habe nun einmal die Löslichkeit von Salzen in Alkohol-Wassergemischen untersucht und dabei eine eigentümliche Trennung solcher Lösungen in zwei scharf voneinander getrennte flüssige Komponenten gefunden und weiter verfolgt.

Die Löslichkeit in Wasser-Alkoholgemischen ist in letzter Zeit verhältnismäßig wenig bearbeitet worden; auch aus früherer Zeit sind nur wenige größere Arbeiten über dieses Gebiet vorhanden. Eingehender beschäftigt mit dieser Materie haben sich besonders Hugo Schiff[2]) und A. Gerardin[3]); doch gelang es beiden nicht, Gesetzmäßigkeiten festzulegen.

Gerardin fand nur, daß der Charakter der Löslichkeitskurve eines Salzes für ein Wasser-Alkoholgemisch der gleiche sei wie jener der Löslichkeitskurve des betreffenden Salzes in Wasser.

---

[1]) Erlanger Dissertation, 1902.

[2]) Lieb. Ann. 118 (1861), 362.

[3]) Ann. chim. phys. (4) 5 (1865), 129.

Später fanden Scheibler[1]) und Bodländer[2]), daß ein Gemisch von Alkohol und Wasser weniger Salz zu lösen vermöge als die in dem Gemisch enthaltene Menge Wasser für sich. Bodländer fand also bei seinen Versuchen das Gesetz, das H. Nernst[3]) auf Grund der Arrheniusschen Dissoziationstheorie über die gegenseitige Beeinflussung der Löslichkeit aufgestellt hatte, nicht bestätigt. Auch Bodländer[2]) stellte ein Gesetz auf über die Löslichkeit in Wasser-Alkoholgemischen: doch ist dieses Gesetz bis jetzt von anderer Seite anscheinend nicht geprüft worden.

Alle diese Untersuchungen erstrecken sich jedoch nur auf Salze, die in absolutem Alkohol nicht löslich sind, und fast ausschließlich auf Äthyl-Alkohol-Wassergemische.

Auf Anregung des Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann hatte ich deshalb unternommen, einmal eine größere Reihe von Bestimmungen auszuführen über die Löslichkeit von Salzen, die auch in absolutem Alkohol löslich sind, in Gemischen von Wasser und verschiedenen Alkoholen, um so einen Überblick über die Abhängigkeit der Löslichkeit vom Alkoholgehalt zu gewinnen.

Diese Absicht habe ich jedoch nicht völlig durchgeführt, einerseits, weil Untersuchungen nach der von mir verwendeten Alexejewschen Methode zwar sehr genaue Bestimmungen gestatten, jedoch sehr zeitraubend sind, andererseits weil ich die oben erwähnten Trennungserscheinungen genauer verfolgte.

Meine Löslichkeitsbestimmungen erstrecken sich daher nur auf salpetersaures Ammonium in Äthylalkohol und Methylalkohol und deren Gemischen mit Wasser.

Methode.

Zu Löslichkeitsbestimmungen, d. h. zu Untersuchungen über die Abhängigkeit der Löslichkeit von der Temperatur kann man im allgemeinen zwei Methoden verwenden, die analytische und die synthetische.

Bei der ersten analysiert man eine bei einer bestimmten

---

[1]) Chem. Ber. 5 (1872), 343.
[2]) Zeitschr. f. phys. Chem. 7 (1891), 308.
[3]) Zeitschr. f. phys. Chem. 4 (1889), 372.

Temperatur gesättigte Lösung, bei der zweiten dagegen stellt man jene Temperatur fest, bei der abgewogene Mengen des zu untersuchenden Körpers und des Lösungsmittels gerade eine gesättigte Lösung bilden.

Bei der ersten Methode hält man Salz im Überschuß und Lösungsmittel unter beständigem Schütteln und Rühren längere Zeit hindurch auf der betreffenden Temperatur, trennt hierauf die gesättigte Lösung von den noch festen Teilen und analysiert; auf die dabei auftretenden Fehlerquellen ist häufig hingewiesen worden.

Sie alle fallen fort bei der zweiten Methode, der im ganzen wenig benutzten synthetischen, die von mir, und zwar im wesentlichen in der von W. Alexejew[1]) angegebenen Form, benutzt wurde. Bei ihr bestimmt man die wahre Sättigungstemperatur einer Lösung von bekannter Zusammensetzung als das Mittel zweier Temperaturen t_1 und t_2, wobei t_1 die Temperatur der völligen Lösung des festen Salzes, t_2 die Temperatur der ersten Ausscheidung fester Teile darstellt.

Glasröhren von ca. 11 mm Durchmesser, ungefähr 1 mm Wandstärke — bei Löslichkeitsbestimmungen in reinem Alkohol oder hochprozentigen Mischungen wurden des niedrigen Siedepunkts wegen sehr starkwandige Röhrchen (ca. 2 mm Wandstärke) aus Jenenser Glas verwendet — und 15 cm Länge werden unten in eine möglichst gleichmäßig starkwandige Spitze zugeschmolzen. In ungefähr $^2/_3$ der Höhe läßt man sie etwas zusammenfallen. Man wägt das Röhrchen, beschickt es mit dem zu lösenden Körper, wägt wiederum, beschickt es mit Lösungsmittel, schmilzt mit einer Stichflamme an der Verengung ab und wägt zum drittenmale. Man erhält so die Gewichte von Salz und Lösungsmittel und damit auch deren Verhältnis. Salz und Lösungsmittel wogen zusammen stets 2 bis 3 g.

Um die Temperatur zu bestimmen, bei der diese abgewogenen Mengen gerade eine gesättigte Lösung bilden, bringt man das Röhrchen in ein Wasserbad, erwärmt unter beständigem Schütteln des Röhrchens langsam, bis die Substanz sich soweit gelöst hat, daß gerade noch die letzten überhaupt

[1]) Wied. Ann. 26 (1886), 306.

nicht mehr wägbaren Spuren des Salzes sichtbar sind. Man bestimmt diese Temperatur t_1 und läßt nun sehr langsam abkühlen, bis die noch vorhandenen festen Teilchen zu wachsen beginnen, bezw. neue Kristalle sich ausscheiden; man bestimmt auch diese Temperatur t_2. Die wahre Sättigungstemperatur liegt jedenfalls zwischen t_1 und t_2. Durch mehrmaliges ganz langsames Erwärmen und Wiederabkühlen gelingt es, diese zwei Temperaturpunkte t_1 und t_2 sehr nahe zusammenzurücken — bei sehr konzentrierten Lösungen bis auf 0,5 bis 0,4°; daß das Mittel aus t_1 und t_2 ohne wesentlichen Fehler als wahre Sättigungstemperatur angenommen werden kann, hat J. Schröder[1]) nachgewiesen. Dadurch, daß man stets mit dem Abkühlen beginnt, wenn noch kleinste Mengen fester Teilchen vorhanden sind, wird das Entstehen einer übersättigten Lösung vermieden.

Apparat.

Die Einrichtung des verwendeten Apparates war folgende:

Erwärmt wurden die Röhrchen in Wasserbädern. Als solche dienten Kochbecher von 4 Liter Inhalt aus Jenenser Gerätеglas. Diese können ohne Drahtnetz direkt über die Flamme gebracht werden; der größeren Sicherheit wegen wurde jedoch meist eine Scheibe Asbestpappe untergeschoben.

Zum Schütteln der Röhrchen diente ein eigenes Schüttelwerk, das durch einen kleinen Elektromotor betrieben wurde und gleichzeitig als Rührer im Wasserbad diente. Die Konstruktion des Schüttelwerkes zeigt Figur 1.

Der in das Bad eintauchende Stab *S* trägt unten die Rolle *A*, die eine in der Rolle feste, am einen Ende vorstehende Achse *R* besitzt; diese trägt eine federnde Spirale *E* zur Aufnahme des zu untersuchenden Röhrchens. (In der Seitenansicht des Schüttelwerkes ist die Spirale gegen die Vorderansicht um 90° gedreht.)

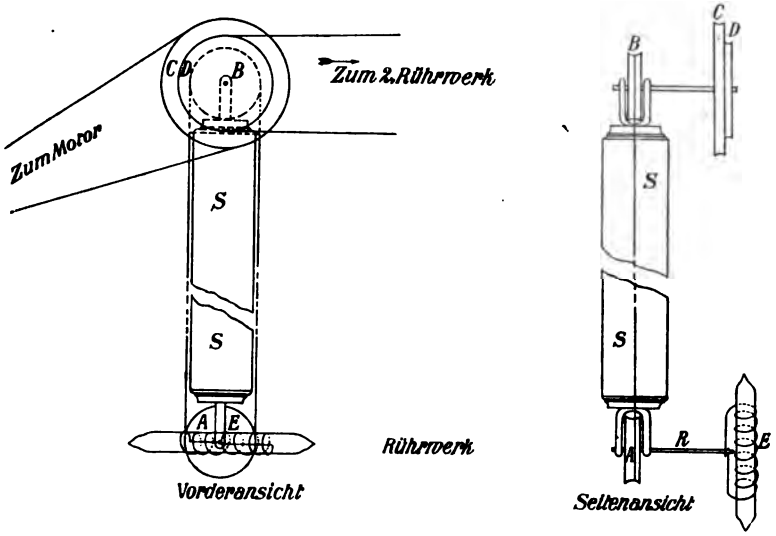
Die Rolle *A* wird durch einen Schnurlauf getrieben von der am oberen Ende des Stabes befindlichen Rolle *B*; diese sitzt auf derselben Achse mit der vom Motor in Bewegung gesetzten Scheibe *C*. Von einer dritten mit *C* verbundenen Scheibe *D* aus wird durch Schnurlauf ein ganz gleiches zweites

[1]) Zeitschr. f. phys. Chem. 11 (1893), 447.

und von diesem aus ein drittes Rühr- und Schüttelwerk betrieben.

Daß durch das Rührwerk eine gleichmäßige Temperatur im Wasserbad erzeugt wurde, zeigten einige vergleichende Temperaturmessungen am Boden der Gefäße, in der Mitte und am Wasserspiegel, und zwar mit und ohne Rührwerk. Während im letzteren Falle die oben und unten angebrachten gleichzeigenden Thermometer in dem Intervalle von 18°—100° Unterschiede bis zu 1,4° zeigten, ergab sich mit Rührwerk zwischen oberster und unterster Wasserschicht im gleichen Intervall ein

Fig. 1.



Maximalunterschied von 0,6°. Danach ist die Temperatur in der mittleren Wasserschicht, in der das Röhrchen rotiert, an allen Stellen die gleiche und das in diese Schicht eingebrachte Thermometer gibt die Temperatur der Lösung an.

Dem Elektromotor war ein Regulierwiderstand vorgeschaltet, der zur bequemeren Beobachtung der Röhrchen und ihres Inhaltes es gestattete, die Schnelligkeit des ganzen Werkes beliebig zu regeln.

Jedes Wasserbad wurde von rückwärts beleuchtet, indem hinter jedem der Bechergläser hinter transparentem Schirm eine Glühlampe angebracht war; das so das Wasser durchsetzende

diffuse Licht ermöglicht es, noch äußerst kleine Kriställchen in den Lösungen wahrzunehmen.

Prüfung der Methode.

Zunächst wurde nach der synthetischen Methode die Löslichkeit zweier Salze in Wasser untersucht, für die bereits die Löslichkeiten genau bestimmt sind, um zu prüfen, wie die mit der Alexejewschen Methode gefundenen Werte mit den auf anderem Wege erhaltenen übereinstimmen.

Untersucht wurden

KCl und KBr,

zwei Salze, für die eingehende Messungen namentlich von De Coppet[1]), der mit der analytischen Methode arbeitete, vorliegen.

Wie die nachfolgenden Tabellen zeigen, stimmen die von mir gefundenen Werte mit der von De Coppet[1]) aufgestellten Interpolationsformel sowohl als auch mit De Coppets Resultaten selbst gut überein

I. KCl in H_2O.

Interpolationsformel nach De Coppet:

$$S = 28{,}51 + 0{,}2837 \cdot t.$$

S bedeutet hier, wie in sämtlichen folgenden Tabellen, Löslichkeitszahl oder Löslichkeit in Prozenten auf 100, d. h. Gewichtsteile der gelösten Substanz auf 100 Gewichtsteile Lösungsmittel.

Tabelle I.

t	S beobachtet	S berechnet	Abweichung
29,0	37,51	36,94	—0,77
38,75	39,92	39,50	—0,42
48,1	41,86	42,15	+0,29
58,5	44,80	45,11	+0,31
76,7	49,77	50,25	+0,48
84,5	51,84	52,48	+0,64

Die erste Spalte vorstehender Tabelle enthält die Temperatur t, die zweite die bei dieser Temperatur t gefundene Löslichkeit, die dritte diejenige Löslichkeitszahl, die sich nach der Interpolationsformel berechnet, die vierte Spalte die Differenz

[1]) Ann. Chim. Phys. (5) 30 (1883), 441.

der beiden Löslichkeitszahlen. Zum Vergleich seien einige Werte aus De Coppets Tabellen angeführt:

Tabelle II.

t	S beobachtet	S berechnet	Abweichung
25,7	36,10	35,80	—0,30
38,0	39,71	39,29	—0,42
46,15	42,34	41,60	—0,74
55,1	44,51	44,14	—0,37
71,65	48,76	48,84	+0,08
80,75	51,24	51,42	+0,18

Wie die Vergleichung dieser Tabelle mit den von mir gefundenen Werten zeigt, weichen dieselben im Durchschnitt nicht erheblicher von der Interpolationsformel ab als die De Coppetschen.

Die aus t als Abszissen und S als Ordinaten konstruierten Kurven fallen fast zusammen.

II. KBr in H_2O.

Interpolationsformel nach De Coppet:

$$S = 54{,}43 + 0{,}5128 \cdot t$$

Tabelle III.

t	S beobachtet	S berechnet	Abweichung
29,2	69,85	69,46	—0,39
48,95	79,85	79,53	—0,32
70,30	89,95	90,48	+0,53
79,6	95,1	95,25	—0,15
82,4	96,84	96,68	—0,16

De Coppet fand:

Tabelle IV.

t	S beobachtet	S berechnet	Abweichung
26,05	68,31	67,79	—0,52
43,15	77,0	76,35	—0,45
50,5	80,50	80,33	—0,17
60,15	85,35	85,27	+0,08
71,45	90,69	90,87	+0,18
86,5	97,28	98,78	+1,50

Auch bei diesen beiden Tabellen zeigt sich eine vorzügliche Übereinstimmung.

Es ergibt sich demnach aus meinen Versuchen, daß die synthetische Methode in der besprochenen Form zu sehr genauen Resultaten führt.

I. Teil.

Löslichkeit von NH_4NO_3 in Wasser-Alkohol-Gemischen.

Untersucht wurde, wie schon erwähnt, die Löslichkeit von Ammoniumnitrat — NH_4NO_3 in Äthyl- und Methylalkohol und deren Mischungen, d. h. in Äthyl- und Methylalkohol von verschiedenem Prozentgehalt von 100% bis 0%, d. i. bis zu destilliertem Wasser.

Das verwendete Ammoniumnitrat wurde, wie alle verwendeten Salze und Alkohole, als „purissimum“ von E. Merck in Darmstadt bezogen, sodann vor der Verwendung, um es von dem hygroskopischen Wasser zu befreien, längere Zeit hindurch im Trockenofen auf einer Temperatur von ungefähr 110° gehalten.

Der Äthylalkohol, der als absolut bezogen wurde, wurde 24 bis 30 Stunden über CaO gestellt, dann vorsichtig abdestilliert. Zu den Versuchen wurde nur benutzt der mittlere Teil des gewonnenen Destillates. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes dieses Alkoholes mit Hilfe der Westphal-Mohrschen Wage ergab bei 15°

$$S \cdot G = 0{,}794.$$

Er ist sonach so gut wie 100%ig. Zur Aufbewahrung desselben diente eine Flasche, wie sie zuerst von B. Völlmer[1]) angegeben und verwendet wurde. Die von mir benutzte unterscheidet sich von der Völlmerschen nur durch Fehlen des Phosphorsäuretrockenrohres; ich verwendete nur ein Trockenrohr und zwar mit $CaCl_2$. Mit diesem 100%igen Alkohol wurden Gemische mit destilliertem Wasser hergestellt; der Alkoholgehalt, der sich bei den einzelnen Tabellen angegeben findet, wurde aus dem spezifischen Gewicht bei bekannter Temperatur mit Hilfe der bei Landolt-Börnstein[2]) angegebenen Tabellen bestimmt.

---

[1]) Inaug.-Dissert. Halle 1892.

[2]) Landolt-Börnstein, Phys.-Chem. Tabellen. 2. Aufl. Berlin 1894.

Bei Löslichkeitsbestimmungen in absolutem Alkohol oder in sehr hochprozentigen Mischungen mußten beim Zuschmelzen der Röhrchen besondere Vorsichtsmaßregeln beachtet werden Die Röhrchen wurden beim Zuschmelzen so weit als möglich in kaltes Wasser oder in eine NaCl-Lösung eingetaucht.

A. Löslichkeit von NH_4NO_3 in Äthylalkohol-Wasser-Gemischen.

Die nun folgenden Tabellen geben die für die Löslichkeit wasserfreien Ammoniumnitrats in Äthylalkohol und dessen Mischungen gefundenen Werte. Ihnen entsprechen die Kurven in Figur 2.

Tabelle V.
C_2H_5OH absolut

t	S
40,05	5,27
42,50	5,60
49,95	6,23
63,95	8,09
81,15	10,19

Tabelle VI.
C_2H_5OH von 93,69%

t	S
24,3	7,86
39,1	10,86
57,7	15,28
71,2	20,86
88,6	31,68

Tabelle VII.
C_2H_5OH von 86,77%

t	S
18,0	9,96
49,1	23,51
60,2	30,61
70,8	41,52
76,9	50,47
Trübung	63,39
„	86,77
„	99,29

Tabelle VIII.
C_2H_5OH von 76,12%

t	S
21,55	24,89
50,04	53,87
63,2	76,91
63,5	77,71
65,1	81,14
66,8	84,94
67,5	86,66
Trübung	88,02

Tabelle IX.
C_2H_5OH von 62,82%

t	S
25,2	51,40
42,4	84,37
51,6	107,46
56,8	121,41
Trübung	148,42
„	198,12

Tabelle X.
C_2H_5OH von 51,65%

t	S
33,95	100,2
49,7	144,3
52,3	151,14
61,5	187,5
64,0	199,82

Tabelle XI.
C_2H_5OH von 40,87%

t	S
27,9	114,17
41,7	159,26
47,9	181,54
59,8	239,22
69,3	301,96

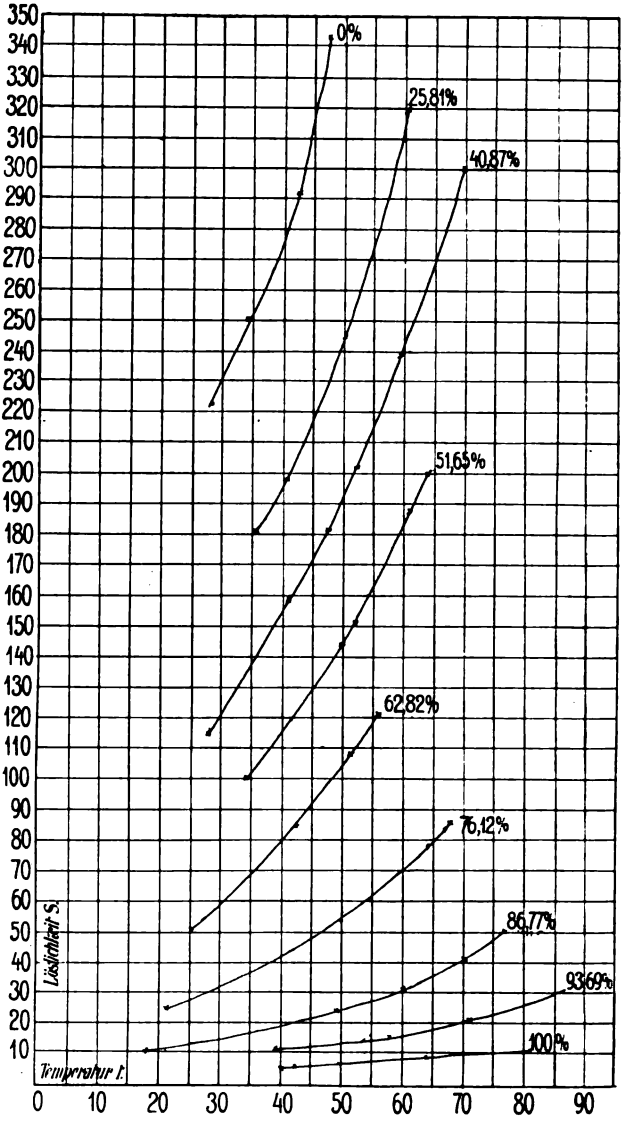
Tabelle XII.
C_2H_5OH von 25,81%

t	S
35,9	181,3
40,3	197,69
50,4	244,3
61,2	319,88

Tabelle XIII.
C_2H_5OH von 0% = H_2O

t	S
28,05	222,4
34,05	250,14
42,2	292,2
47,1	342,9

Fig. 2.



Aus den Tabellen und Kurven ergibt sich:

Die Löslichkeit wasserfreien Ammoniumnitrats in absolutem Äthylalkohol ist sehr gering; sie nimmt mit steigender Temperatur sehr langsam zu. Die Löslichkeitskurve ist in dem

untersuchten Intervalle eine gerade Linie und weicht nur um einen kleinen Winkel von der Abszissenachse ab. Mit abnehmendem Alkoholgehalt der Mischungen steigt die Löslichkeit rasch an, die Löslichkeitskurven werden stark gekrümmt, konvex gegen die Abszissenachse und steigen immer steiler empor, bis die Löslichkeit in $0^0/_0$igem Alkohol, d. i. in H_2O eine ganz enorm große ist.

Wie sich durch einfache Umrechnung aus den einzelnen Tabellen und Vergleichung mit der Löslichkeitskurve in Wasser ergibt, lösten im allgemeinen die Alkohol-Wassergemische weniger NH_4NO_3 auf, als das in den Gemischen enthaltene Wasser für sich bei der gleichen Temperatur lösen würde. Doch konnten einfache Beziehungen zwischen dem Alkoholgehalt und der Löslichkeitsverminderung nicht aufgefunden werden.

Extrapoliert man aus den Beobachtungsreihen für die verschiedenprozentigen Alkohol-Wassergemische die Löslichkeitszahlen für konstante Temperatur, so erhält man die Löslichkeit als Funktion des Alkoholgehaltes bei den einzelnen Temperaturen.

Die Extrapolation ergab für die Äthyl-Alkohol-Wassergemische folgende Werte:

Tabelle XIV.

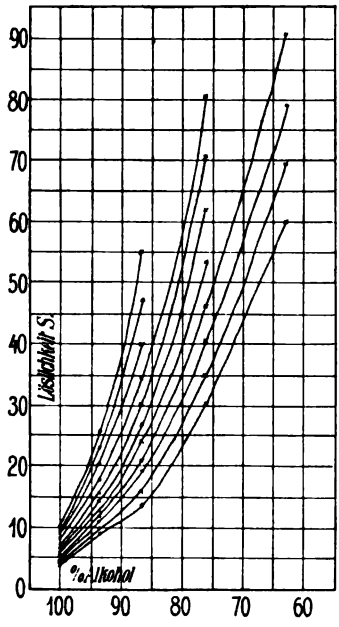
$^0/_0$ Alkohol	$S_{30}{}^0$	$S_{35}{}^0$	$S_{40}{}^0$	$S_{45}{}^0$	$S_{50}{}^0$	$S_{55}{}^0$	$S_{60}{}^0$	$S_{65}{}^0$	$S_{70}{}^0$	$S_{75}{}^0$	$S_{80}{}^0$
100	3,8	4,5	5,25	5,9	6,4	7,0	7,7	8,2	8,9	9,5	10,1
93,69	8,8	9,8	11,0	12,0	13,1	14,5	15,8	17,8	20,2	23,1	26,0
86,77	13,5	16,2	18,8	21,2	24,0	27,0	30,3	34,5	40,0	47,2	55,0
76,12	30,2	35,1	40,5	46,5	53,6	62,0	71,0	81,0	—	—	—
62,82	60,0	69,5	79,5	91,4	104,0	116,6	—	—	—	—	—
51,65	—	102,0	114,0	138,0	144,0	161,5	181,4	205,0	—	—	—
40,87	120,2	136,4	152,8	170,0	189.6	213,0	240,5	271,4	—	—	—
25,81	—	179,0	196,0	217,0	242,5	272,0	310,0	—	—	—	—
0	231,0	254,0	277,0	314,0	—	—	—	—	—	—	—

Aus den Zahlen ergibt sich:

Die Kurven, welche die Abhängigkeit der Löslichkeit vom Alkoholgehalt darstellen, verlaufen zunächst langsam ansteigend, stark konvex gegen die Abszissenachse. Mit abnehmendem Alkoholgehalt steigen dann die Kurven sehr steil empor und verlaufen fast geradlinig, d. h. die Löslichkeitszahlen für Alkohol-Wassergemische sind nicht mittlere Werte zwischen der Lös-

lichkeit in absolutem Alkohol und reinem Wasser, sondern sie bleiben namentlich in dem Intervall zwischen 80% und 90% Alkohol bedeutend hinter den mittleren Werten zurück. Den Verlauf der Kurven in diesem Gebiete der größten Abweichung zeigt Figur 3.

Fig. 3.



Diese Eigentümlichkeit, die bei den Kurven niederer Temperatur stark ausgeprägt ist, verschwindet mit steigender Temperatur mehr und mehr, so daß bei hohen Temperaturen die Kurven sofort steil und fast in geraden Linien emporsteigen.

Das Auftreten ähnlicher Besonderheiten bei Alkohol-Wassergemischen ist für verschiedene Eigenschaften schon bekannt. So existieren nach E. Wiedemann[1]) für Alkohol-Wassergemische Maxima der Kontraktion, der spezifischen Wärme, der inneren Reibung — dieses verschiebt sich mit der Temperatur — und der Dampfspannung.

Analoge Abweichungen zeigen auch die Kurven, die die Eigenschaften von Gemengen oder Gemischen zweier Bestandteile darstellen. Man vergleiche z. B. die Schmelzpunktsminima bei Gemengen, wo ganz ähnliche Kurven auftreten[2]), wie für die Löslichkeit in Äthylalkohol-Wassergemischen.

Über die in einzelnen Tabellen erwähnte Trübung siehe den II. Teil dieser Arbeit.

B. Löslichkeit von NH_4NO_3 in Methylalkohol-Wasser-Gemischen.

Der von E. Merck als absolut bezogene Methylalkohol wurde in der gleichen Weise behandelt wie der Äthylalkohol.

---

[1]) Handwörterb. der Chem. S. 533 ff.

[2]) Ostwald, Allg. Chemie I, 1016.

Die nachfolgenden Tabellen geben die gefundenen Löslichkeitswerte; ihnen entsprechen die Kurven in Figur 4.

Tabelle XV.
CH_3OH absolut

t	S
14,0	15,0
34,2	22,81
49,7	31,36
64,2	43,7
71,5	53,52

Tabelle XVI.
CH_3OH von 83,75%

t	S
22,2	32,06
31,2	42,69
45,5	63,53
54,0	80,24
62,9	102,42
74,5	136,26

Tabelle XVII.
CH_3OH von 73,64%

t	S
26,5	53,7
38,25	76,96
45,4	92,55
48,8	102,3
62,9	152,5

Tabelle XVIII.
CH_3OH von 60,39%

t	S
25,3	81,52
32,6	99,65
53,5	172,42
63,5	219,26

Tabelle XIX.
CH_3OH von 53,24%

t	S
26,0	107,5
26,5	107,6
41,15	154,6
46,3	173,6
63,1	259,9

Tabelle XX.
CH_3OH von 24,83%

t	S
34,9	200,0
40,2	222,4
57,2	312,3
59,3	326,8

CH_3OH von 0% d. i. Wasser.
Siehe Tabelle XIII, S. 151.

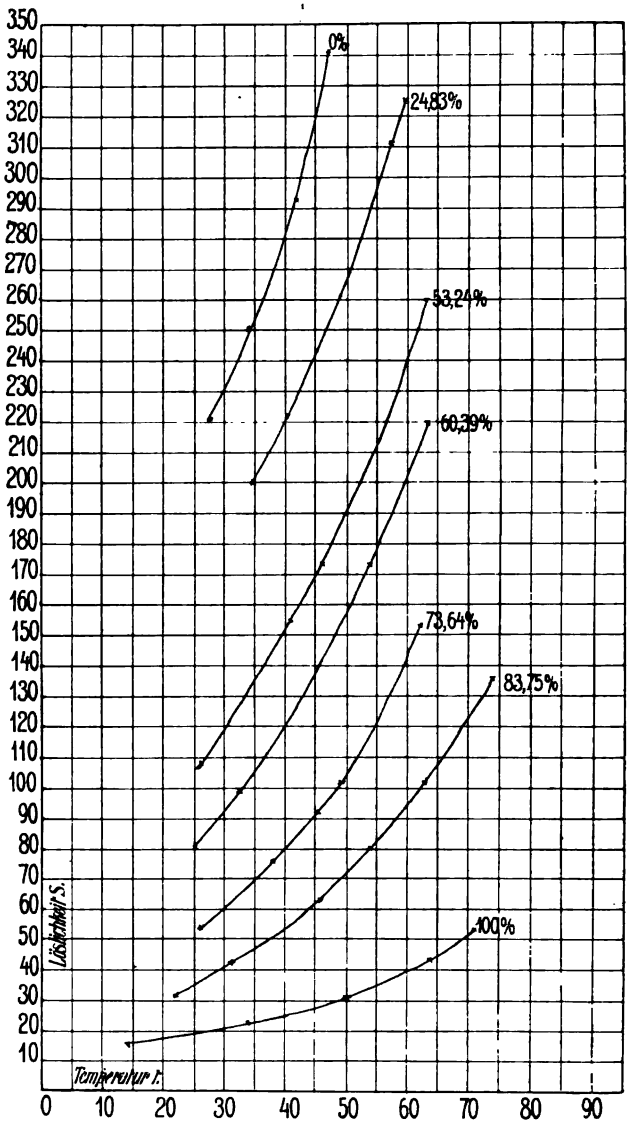
Aus den Tabellen und Kurven ergibt sich:

Die Löslichkeit wasserfreien Ammoniumnitrats in absolutem Methylalkohol ist erheblich größer als in absolutem Äthylalkohol und steigt auch mit zunehmender Temperatur viel rascher an. Die Löslichkeitskurve, die für absoluten Äthylalkohol eine Gerade ist, ist für absoluten Methylalkohol bereits stark gekrümmt, wie dies die Kurven für Wasser-Alkoholgemische oder reines Wasser sind. Es zeigt sich also auch hier die auf anderen Gebieten wie z. B. bei Untersuchungen über Dielektrizitätskonstante, Leitfähigkeit u. s. w. schon festgestellte Tatsache, daß Methylalkohol in seinem ganzen Verhalten dem Wasser näher steht als Äthylalkohol.

Wie in absolutem Methylalkohol, so ist auch in seinen Mischungen die Löslichkeit des Ammoniumnitrates stets bedeutend höher als in gleichprozentigen Mischungen des Äthylalkohols.

Wie wieder einfache Umrechnungen ergeben, löst ein Gemisch von Methylalkohol und Wasser stets mehr NH_4NO_3 als das in dem Gemisch vorhandene Wasser allein bei der gleichen

Fig. 4.



Temperatur lösen würde; doch ließen sich auch hier keine einfachen Beziehungen finden; es scheinen vielmehr die Beziehungen zwischen Alkoholgehalt des Gemisches und Löslichkeitssteigerung sehr komplizierter Natur zu sein.

Die Feststellung der Löslichkeit als Funktion des Alkoholgehaltes ergab für Methylalkohol-Wassergemische die in nachfolgender Tabelle enthaltenen Werte:

Tabelle XXI.

% Alkohol	$S_{30}°$	$S_{35}°$	$S_{40}°$	$S_{45}°$	$S_{50}°$	$S_{55}°$	$S_{60}°$
100	20,0	22,8	25,1	28,0	31,5	35,4	39,6
83,75	41,0	47,2	54,4	62,3	71,6	82,0	94,0
73.64	60,0	70,1	81,0	92,5	105,0	119,0	135,6
60,39	92,5	105,0	118,3	134,0	151,0	169,8	190,4
53,23	117,2	133,0	150,5	169,5	191,0	215,0	242 0
24,83	—	200,0	221,0	244,0	270,3	299,0	
0	231,0	254,0	277,0	314,0			

Ganz ähnlich wie bei Äthylalkohol-Wassergemischen zeigen diese Werte und die entsprechenden Kurven, daß die Löslichkeitsbestimmungen für Methylalkohol-Wassergemische ebenfalls keine mittleren Werte liefern. Hier bleiben die gefundenen Werte am meisten zwischen 60% und 80% Alkohol hinter den mittleren zurück; doch sind diese Abweichungen bei weitem nicht so ausgeprägt wie bei Äthylalkohol. Auch bei Methylalkohol verwischen sich diese Besonderheiten mit steigender Temperatur und die Löslichkeitskurven hoher Temperaturen steigen steil und fast in geraden Linien empor.

Resultate.

Fassen wir die gefundenen Resultate zusammen, so sehen wir:

1. Die Löslichkeit von NH_4NO_3, die in absolutem Äthylalkohol sehr gering ist und mit wachsender Temperatur nur langsam steigt, vergrößert sich stark mit wachsendem Wassergehalt der Mischung, wächst auch mit steigender Temperatur immer rascher und erreicht in reinem Wasser eine ganz beträchtliche Größe.

2. Die Löslichkeit von NH_4NO_3 in Wasser wird durch Anwesenheit von Äthylalkohol im allgemeinen vermindert.

3. In absolutem Methylalkohol ist die Löslichkeit von NH_4NO_3 bedeutend größer als in absolutem Äthylalkohol; ebenso in den Gemischen.

4. Die Löslichkeit von NH_4NO_3 in Wasser wird durch Zusatz von Methylalkohol zur Lösung stets gesteigert.

5. Die Tatsache, daß Methylalkohol in seinen Eigenschaften eine größere Verwandtschaft zum Wasser zeigt als Äthylalkohol, bestätigt sich auch auf dem Gebiet der Löslichkeit, und zwar durch das Ergebnis, daß die Löslichkeitskurve für Äthylalkohol eine Gerade ist, für Methylalkohol jedoch ebenso wie für Wasser oder Wasser-Alkoholgemische sich stark gekrümmt zeigt.

6. Stellt man die Löslichkeit als Funktion des Alkoholgehaltes der einzelnen Mischungen dar, so zeigt sich bei beiden Alkoholen, daß die für die Gemische gewonnenen Werte nicht die mittleren Werte zwischen der Löslichkeit in absolutem Alkohol und in reinem Wasser sind, sondern teilweise erheblich hinter diesen mittleren Werten zurückbleiben. Die größten Abweichungen von den mittleren Werten liegen für Äthylalkohol-Wassergemische zwischen 80% und 90% Alkoholgehalt, für Methylalkohol-Wassergemische zwischen 60% und 80%. Bei höheren Temperaturen verschwinden diese Abweichungen allmählich und die Werte nähern sich mehr mittleren Werten, was der regelmäßige Verlauf der Kurven hoher Temperaturen zeigt.

7. Das Gesetz, das Bodländer[1]) für die Löslichkeit von Salzen, die in absolutem Alkohol nicht löslich sind, in Wasser-Alkoholgemischen aufgestellt hat, konnte ich für NH_4NO_3 leider nicht prüfen, da die Bestimmung der dazu nötigen Größe, nämlich des spezifischen Gewichtes der einzelnen Lösungen bei den höheren Temperaturen eine besondere nicht ganz leichte Untersuchung erfordert hätte. Die Ermittelung dieser Größen muß daher der Zukunft vorbehalten bleiben.

II. Teil.

Über Schichtung von Salzlösungen in Wasser-Alkohol-Gemischen.

Gelegentlich der Bestimmung der Löslichkeit von NH_4NO_3 in einem Gemisch von Äthylalkohol und Wasser von 76,12 Gewichtsprozenten Alkokol beobachtete ich, wie schon oben erwähnt wurde, eine auffallende Erscheinung, nämlich die plötzlich eintretende Trennung einer Salzlösung in zwei durch eine bräunliche Fläche scharf voneinander geschiedene Schichten.

[1]) Zeitschr. f. phys. Chem. 7 (1891), 308.

Im folgenden sei der Verlauf der hiermit zusammenhängenden Erscheinungen kurz geschildert.

Erwärmt man eine ziemlich konzentrierte Lösung von NH_4NO_3 in einem Gemisch von C_2H_5OH und H_2O von hohem Alkoholgehalt, so wird die vorher klare Lösung bei einer für einen bestimmten Alkoholgehalt ganz bestimmten Temperatur t_1 plötzlich trübe, falls bei dieser Temperatur noch ungelöstes Salz vorhanden ist, d. h. falls die Sättigungstemperatur der Lösung höher liegt als t_1. Steigert man die Temperatur noch etwas über t_1 hinaus, so bekommt der ganze Röhreninhalt ein milchigtrübes, bräunliches Aussehen, wie man es beobachtet beim Durcheinanderschütteln zweier nicht mischbarer Flüssigkeiten.

Läßt man die Lösung ruhig stehen, so bemerkt man, daß man es auch hier zu tun hat mit einem Gemenge zweier bei der betreffenden Temperatur nicht ineinander lösbarer Lösungen; es tritt nämlich eine scharf ausgeprägte Trennung in zwei Schichten ein, die wie die Untersuchung zeigt, beide C_2H_5OH, H_2O und NH_4NO_3 enthalten, jedoch in verschiedenem Verhältnis. Diese Erscheinung der Schichtung einer Salzlösung in Wasser-Alkoholgemischen wurde schon mehreremale beobachtet, geriet aber stets wieder mehr oder weniger in Vergessenheit.

Zum erstenmale wurde dies Phänomen, so weit mir bekannt ist, beschrieben von H. Schiff[1]) bei seinen Untersuchungen über die Löslichkeit von Manganvitriol in wässerigem Weingeist. Schiffs Resultate sind leider ohne genaue Temperaturangabe; doch stellte er fest, daß die untere Schicht wenig Alkohol, jedoch viel Wasser und viel Salz enthalte, während die obere Schicht umgekehrte Verhältnisse zeigt.

Das Schichtungsphänomen wurde später, nachdem G. Bodländer es bei Ammoniumsulfat gefunden, von J. Traube und O. Neuberg[2]) untersucht[3]); doch scheint diesen die Beobachtung Schiffs unbekannt gewesen zu sein. Die Arbeit Traubes

[1]) Lieb. Ann. 118 (1861), 372.

[2]) Zeitschr. f. phys. Chem. 1 (1887), 509.

[3]) Unmittelbar vor Drucklegung der Arbeit ersehe ich, daß in Lösungen in Aceton-Wasser-Gemischen von W. Herz und M. Knoch ebensolche Schichtungen beobachtet worden sind (Bericht d. physikal. Ges. 2, S. 221, 1904).

und Neubergs hinwieder fehlt in Ostwalds „Allgemeine Chemie“ 2. Aufl. 1891, in der Schiffs Beobachtung angeführt ist. So kam es, daß ich die Arbeit von J. Traube und O. Neuberg erst fand, als ich meine Untersuchungen über das Schichtungsphänomen bereits abgeschlossen hatte.

Traube und Neuberg fanden zunächst eine ganze Reihe von Verbindungen, die eine solche Schichtung in Äthylalkohol-Wassergemischen hervorrufen können; sodann stellten sie quantitative Messungen über die Zusammensetzung der Schichten bei Lösungen von $(NH_4)_2SO_4$ an, indem sie zunächst die Temperatur variierten, dann die Alkoholmenge und zuletzt die Menge der Salzlösung. Sie fanden:

1. daß mit wachsender Temperatur
   a) die Höhe der Schichten — allerdings sehr wenig — sich ändere, wobei die untere Schicht wächst,
   b) in der oberen
      der H_2O- und $(NH_4)_2SO_4$-Gehalt abnehme,
      der Alkoholgehalt zunehme,
   c) in der unteren Schicht
      der Wassergehalt zunehme,
      der Salz- und Alkoholgehalt abnehme;
2. daß mit wachsendem Alkohol- oder Salzgehalt der Lösung erfolgt (und zwar bei verschiedenen Temperaturen)
   a) in der oberen Schicht
      eine Abnahme des Wasser- und Salzgehaltes,
      eine Zunahme des Alkoholgehaltes,
   b) in der unteren Schicht
      eine Abnahme des Alkoholgehaltes,
      eine Zunahme des Salzgehaltes, während die Wassermenge erst zu- und dann abnimmt.

Bei Methylalkohol fanden sie keine Schichtbildung.

Ich habe nun über die Trennungserscheinung bei Lösungen von Ammoniumnitrat zunächst eine Reihe qualitativer Bestimmung für Äthylalkohol von 76,12% durchgeführt und folgende teilweise neue Resultate erhalten.

I. Einfluss des Salzgehaltes auf die Schichtung.

Es wurden untersucht 16 Lösungen von verschiedenem Salzgehalt. Mit Rücksicht auf den Salzgehalt lassen sich in

bezug auf das Trennungsphänomen 3 Klassen von Lösungen unterscheiden.

1. Lösungen, deren Sättigungstemperatur 67,6° erreicht oder übersteigt, für die also S annähernd gleich 87 ($86{,}66 < S < 88{,}02$) ist.

Bei $t_1 = 67{,}6°$ tritt Trübung und Schichtung in 2 Teile v_1 und v_2 ein; erwärme ich weiter, so erfolgt bei einer höheren Temperatur t_2 Verschwinden der Trübung und damit der Trennung. Zwischen t_1 und t_2 löst sich das noch vorhandene feste Salz.

Bei Abkühlung der Lösung erfolgt bei t_2 Trübung und bei einer unterhalb t_1 liegenden Temperatur t_3 plötzlich starke Ausscheidung von NH_4NO_3 und gleichzeitig Verschwinden der Trübung. Die Temperatur t_3 ergibt sich für ein und dieselbe Lösung bei verschiedenen Versuchen verschieden.

t_2 steigt mit steigendem Salzgehalt der Lösung.

2. Lösungen, deren Sättigungstemperatur nur wenig unterhalb 67,6° (ungefähr zwischen 64° und 67,6°) liegt.

Sie zeigen beim Erwärmen nicht die geringste Besonderheit; die Sättigungstemperatur läßt sich ganz gut bestimmen. Erwärme ich jedoch über die Sättigungstemperatur, so daß ich zunächst eine ungesättigte und beim Abkühlen eine übersättigte Lösung erhalte, dann tritt einige Grade unterhalb 67,6° bei einer Temperatur t_4, die ebenfalls mit steigendem Salzgehalt steigt, plötzlich Trübung und Schichtung ein. Bei weiterem Abkühlen verhalten sich diese Lösungen wie die unter 1.

3. Lösungen von noch geringerem Salzgehalt als die unter 2. angeführten.

Sie zeigen keine Besonderheiten; es tritt keine Trübung ein, weder beim Erwärmen noch beim Abkühlen einer übersättigten Lösung.

Nachfolgende Tabelle gibt eine kurze Zusammenstellung dieser Verhältnisse.

t in nachfolgender Tabelle bedeutet, wie im ersten Teile dieser Arbeit, die Sättigungstemperatur der betreffenden Lösung. Das Intervall $t_2 - t_1$, während welcher die Trübungserscheinung andauert, wächst mit der Konzentration. Nähere Beziehungen zwischen diesen Größen ließen sich nicht feststellen.

Tabelle XXII.

S	t	t_1	t_2	t_2-t_1	t_4
175,3	—	67,6	> 100	—	—
111,8	—	67,6	93,5	25,9	—
95,01	—	67,6	76,5	8,9	—
92.32	—	68,0	73,5	5,5	—
92,17	—	67,6	72,7	5,1	—
88,87	—	67,6	69,4	1,8	—
88,78	—	67,6	69,1	1,5	—
88,72	—	67,6	69,1	1.5	—
88,02	—	67,6	68,5	0,9	—
86,66	67,4	—	—	—	65,8
84,94	66,8	—	—	—	64,2
81,14	65,1	—	—	—	61,6
77,71	63,5	—	—	—	—
76,91	63,2	—	—	—	—
70,50	61,0	—	—	—	—
53,87	50,04	—	—	—	—
24,89	21,55	—	—	—	—

II. Einfluss der Temperatur auf die Schichtung.

Die Beziehungen zwischen Temperatur und Schichtung sind, wie alle Löslichkeitserscheinungen, zunächst abhängig von dem Salzgehalt, wie der vorige Abschnitt bereits gezeigt hat.

Außerdem ergab sich noch eine interessante Beziehung zwischen Temperatur und Schichtung bei konstantem Salz- und Alkoholgehalt.

Wie der Augenschein lehrt, sind bei NH_4NO_3 die Volumina der beiden Schichten v_1 und v_2 in hohem Maße mit der Temperatur veränderlich, im Gegensatz zu den Beobachtungen von Traube und Neuberg bei $(NH_4)_2SO_4$.

v_1 das Volumen der unteren Schicht, das bei 67,6°, d. h. beim Eintreten der Trübung sehr klein ist, wächst mit steigender Temperatur bis zu einem Maximum, um bei weiterer Temperatursteigerung wieder abzunehmen, bis es bei t_2 Null geworden ist, d. h. die Trübung und Schichtung überhaupt verschwindet.

v_2 zeigt natürlich den umgekehrten Gang.

Bei Lösungen, deren Sättigungstemperaturen wenig oberhalb 67,6° liegen, ist v_1 stets kleiner als v_2. Bei sehr kon-

zentrierten Lösungen kann mit steigender Temperatur v_1 auch größer als v_2 werden.

Der Verlauf dieser Volumenänderung wurde bei 3 Lösungen von verschiedenem Salzgehalt auch quantitativ bestimmt, und zwar bei steigender und fallender Temperatur, da sich für diese beiden Fälle, wie früher schon erwähnt, verschiedene Zustände ergeben.

Um die Volumenänderung zu bestimmen, mußten die Volumina v_1 und v_2 von Grad zu Grad gemessen werden. Die Lösungen wurden hergestellt in Röhrchen und im Wasserbad erwärmt, wie dies im I. Teil beschrieben ist. War die Trübung eingetreten, so wurde von Grad zu Grad die Temperatur des Bades konstant gehalten, das Röhrchen senkrecht gestellt und mit Hilfe einer neben dem Röhrchen im Wasserbade angebrachten Skala und eines kleinen um eine vertikale Achse drehbaren Fernrohres kathetometrisch die Höhe der einzelnen Schichten bestimmt.

Infolge des Spitzzulaufens der Röhrchen konnte aus den Höhen der Schichten nicht direkt auf die Volumina geschlossen werden, sondern es mußte jedes Röhrchen eigens geeicht werden.

Zu diesem Zwecke wurde nach Feststellung der Lage der Grenzen der einzelnen Schichten die obere Spitze des Röhrchens abgesprengt, das Röhrchen nach und nach mit Quecksilber gefüllt und in gleicher Weise wie früher die Höhe der Hg-Schichten gemessen. Gleichzeitig wurde bei jeder Füllung das Hg gewogen und mit Hilfe des spezifischen Gewichtes das Volumen berechnet. Aus den Werten der Skala und den diesen entsprechenden Werten der Volumina wurde für jedes Röhrchen eine Eichungskurve konstruiert, aus der dann die den Schichten der Lösungen entsprechenden Volumina entnommen wurden.

Es ergaben sich für die drei untersuchten Lösungen nachfolgende Tabellen; ihnen entsprechen die Kurven I mit III in Figur 5, in denen die Temperaturen als Abszissen und das jeder Temperatur entsprechende Verhältnis v_1/v_2 — letzteres in 100facher Vergrößerung — als Ordinaten aufgetragen sind.

I. S = 92,32. Kurve I.

a) Bei steigender Temperatur.

Tabelle XXIII.

t	v_1 in ccm	v_2 in ccm	100. v_1/v_2
68	0,14	1,41	9,9
69	0,26	1,30	19,7
70	0,27	1,29	20,6
71	0,22	1,34	16,5
72	0,17	1,39	12,6
73	0,09	1,48	6,2

b) Bei fallender Temperatur.

Tabelle XXIV.

t	v_1	v_2	100. v_1/v_2
73	0,15	1,42	10,5
72	0,19	1,38	13,6
71	0,23	1,34	17,1
70	0,28	1,29	22,6
69	0,31	1,25	24,9
68	0,36	1,23	27,2
67	0,37	1,19	31,4
66	0,37	1,19	31,5
65	0,39	1,16	33,6
64	0,40	1,15	34,7
63	0,42	1,13	37,2
62	0,44	1,11	39,2
61	0,45	1,11	40,3
60	0,45	1,11	40,3
59	0,45	1,10	41,2
58	0,47	1,08	43,2

II. S = 95,01. Kurve II.

a) Bei steigender Temperatur.

Tabelle XXV.

t	v_1	v_2	100. v_1/v_2
67,6	0,16	1,42	11,3
69	0,33	1,25	26,4
70	0,37	1,21	30,2
71	0,39	1,19	33,1
72	0,38	1,21	31,4
73	0,35	1,24	29,3
74	0,29	1,30	23,0
75	0,22	1,38	15,9
76	0,15	1,46	9,9

b) Bei fallender Temperatur.

Tabelle XXVI.

t	v_1	v_2	100. v_1/v_2
76	0,13	1,49	8,6
75	0,22	1,40	15,7
74	0,32	1,30	24,6
73	0,37	1,25	29,6
72	0,41	1,21	34,2
71	0,43	1,19	36,1
70	0,44	1,18	37,3
69	0,47	1,16	40,3
68	0,48	1,14	41,6
67	0,49	1,13	43,1
66	0,50	1,12	44,4
65	0,51	1,11	45,7
64	0,52	1,10	47,0
63	0,53	1,09	48,3

III. S = 111,8. Kurve III.

a) Bei steigender Temperatur.

Tabelle XXVII.

t	v_1	v_2	100. v_1/v_2
68	nicht beobachtbar		
69	0,35	1,23	28,9
70	0,48	1,12	42,4
71	0,50	1,10	45,6
72	0,54	1,06	51,1
73	0,57	1,03	55,1
74	0,61	1,01	60,4
75	0,62	1,00	61,7
76	0,62	1,00	61,7
77	0,64	0 99	64,5
78	0,64	0,99	64,5
79	0,64	0,99	64,5
80	0,64	0,99	64,5
81	0,63	0,99	63,3
82	0,62	1,00	61,7
83	0,62	1,00	61,7
84	0,61	1,02	59,8
85	0,60	1,03	58,2
86	0,60	1,03	57,6
87	0,58	1,05	55,2
88	0,57	1,06	53,8
89	0,55	1,08	50,7
90	0,53	1,10	48,2
91	0,48	1,16	41,7
92	0,42	1,22	34,5
93	0,32	1,33	24,1

b) Bei fallender Temperatur.

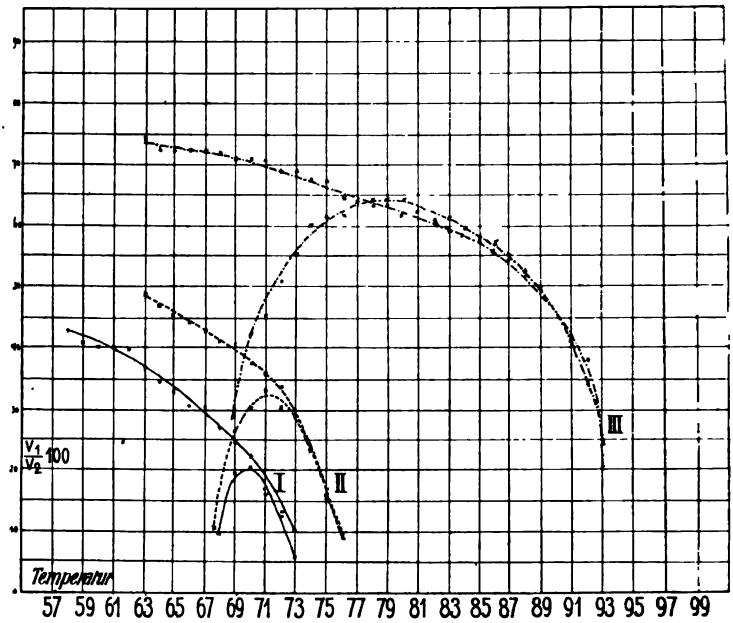
Tabelle XXVIII.

t	v_1	v_2	100. v_1/v_2
93	0,27	1,37	20,0
92	0,45	1,20	37,7
91	0,48	1,16	41,7
90	0,53	1,11	47,8
89	0,54	1,10	49,5
88	0,56	1,08	52,2
87	0,58	1,06	54,8
86	0,59	1,04	57,2
85	0,60	1,04	57,8
84	0,61	1,03	59,3
83	0,61	1,03	59,3
82	0,62	1,02	60,6
81	0,63	1,01	62,2
80	0,63	1,00	62,7
79	0,64	0,99	63,7
78	0,64	0,99	63,7
77	0,64	0,99	63,7
76	0,64	0,99	63,7
75	0,66	0,97	67,6
74	0,66	0,97	67,6
73	0,67	0,96	69,2
72	0,67	0,96	69,2
71	0,68	0,95	71,4
70	0,68	0,95	71,4
69	0,68	0,95	71,4
68	0,69	0,94	72,9
67	0,69	0,94	72,9
66	0,69	0,94	72,9
65	0,69	0,94	72,9
64	0,69	0,94	72,9
63	0,70	0,93	74,4

Die Tabellen und Kurven zeigen:

Das Volumen v_1 und damit das Verhältnis v_1/v_2 steigt rascher gegen das Maximum an, als es nach dem Maximum fällt. Mit abnehmendem Salzgehalt verflachen sich die Kurven mehr und mehr und die Abszissendifferenz $t_2 - t_1$ wird, wie wir schon aus Tabelle XXII ersehen haben, immer kleiner. Ganz anders verhält es sich, wenn ich die Lösung bis zum Wiederverschwinden der Trübung erwärme und dann abkühle. In diesem Falle tritt eine Art von Übersättigungserscheinung auf. Während vom Wiedereintritt der Trübung bei t_2 bis zum Maximum der Kurve die Volumenzunahme v_1 bezw. das Ver-

Fig. 5.



hältnis v_1/v_2 sich so ziemlich dem absteigenden Ast unserer Kurve anschließt, tritt nach Passieren der dem Maximum entsprechenden Temperatur keine Abnahme des Volumens v_1 ein, sondern v_1 wächst mit fallender Temperatur weit über das ursprüngliche Maximalvolumen hinaus, bis unter sehr starkem Ausfall von NH_4NO_3 plötzlich die Trübung verschwindet. Daß dieser Erscheinung Übersättigungszustände zugrunde liegen, geht mit Sicherheit daraus hervor, daß die Ausscheidung festen Salzes, mit der die Trübung verschwindet, bei einer Temperatur erfolgt, die weit unterhalb jener Temperatur liegt, bei der beim Erwärmen die letzten Spuren festen Salzes verschwanden.

III. Einfluſs des Alkoholgehaltes auf die Schichtung.

Ebenso wie die Temperatur und der Salzgehalt ist auch der Alkoholgehalt des verwendeten Wasser-Alkoholgemisches von Einfluß auf die Schichtung, und zwar verschiebt sich mit wachsendem Alkoholgehalt die Trübungstemperatur t_1, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle XXIX.

%-Gehalt der Mischung	51,65	62,82	72,79	76,12	86,77	93,69
t_1	Keine Trübung beobachtet	65,3	67,2	67,6	80,2	Keine Trübung beobachtet

Die Trübungstemperatur t_1 steigt demnach mit wachsendem Alkoholgehalt, allerdings sehr unregelmäßig.

Doch scheint dieses Schichtungsphänomen nur innerhalb bestimmter Grenzen des Alkoholgehaltes einzutreten; wenigstens wurde bei einem Gemische von 51,65% Alkohol keine Schichtung mehr beobachtet, ebenso bei einem Gemisch von 93,69%.

Bei Methylalkohol wurden Trübungs- oder Schichtungserscheinungen nicht wahrgenommen.

Eine Eigentümlichkeit möchte ich noch erwähnen, die ich bei der Schichtung in 62,82%igem Alkohol fand. Während bei allen anderen Gemischen, welche die Trübung zeigen, die Trennung der Schichten von unten nach oben vor sich geht, d. h. die Trennungsfläche der Schichten ganz unten im Röhrchen erscheint und dann langsam nach oben rückt, verhält sich 62,82%iger Alkohol gerade umgekehrt. Die Trennungsfläche bildet sich hier am oberen Niveau der Lösung und wandert nach unten; auch alle anderen Eigenschaften der Schichten scheinen umgekehrt zu sein. So ist das Volumen v_1 zunächst sehr groß, nimmt mit steigender Temperatur bis zu einem Minimum ab, um dann wieder anzusteigen. Konstruiere ich in diesem Falle die früher beschriebene Kurve f $(v_1/v_2, t)$, so wird diese konvex gegen die Abszissenachse werden und nicht ein Maximum sondern ein Minimum aufweisen.

Leider konnten infolge Mangels an Zeit diese Verhältnisse nicht weiter verfolgt werden.

IV. Quantitative Untersuchung der einzelnen Schichten.

Von großem Interesse ist es natürlich, die Zusammensetzung der beiden Schichten, die ja höchst wahrscheinlich mit der Temperatur sich ändert, zu kennen.

H. Schiff[1]), dessen Resultate leider ohne Temperaturangabe

[1]) Schiff a. a. O.

sind, hat zwar für verschiedene Schichten den Salzgehalt bestimmt und daraus einen Rückschluß auf den Alkoholgehalt gemacht; dies dürfte aber deswegen nicht angängig erscheinen, weil die beiden Schichten sicherlich entweder ungesättigte oder übersättigte Lösungen sind. Der Rückschluß wäre nur dann statthaft, wenn die Temperatur, bei der die Schichten untersucht werden, gerade die Sättigungstemperatur für beide Schichten wäre, was nach den vorausgehenden Abschnitten nicht anzunehmen ist.

J. Traube und O. Neuberg[1]) bestimmten nach Trennung der Schichten in beiden gewichtsanalytisch die Schwefelsäure und durch spezifische Gewichtsbestimmung vor und nach der Destillation die Wasser- und Alkoholmenge, ein Verfahren, das zwar bei Ammoniumsulfat, nicht aber bei Ammoniumnitrat anwendbar ist. Es mußte deshalb ein anderer Weg gesucht werden.

Um eine Analyse der Schichten vornehmen zu können, ist es vor allem erforderlich, die beiden Schichten voneinander zu trennen. Diese Trennung läßt sich verhältnismäßig leicht und rasch durchführen. Die Lösung wird hergestellt in einem weiten, oben offenen, zylindrischen Glasrohr, das in einem Wasserbad auf konstante Temperatur gebracht werden kann. Das Rohr wird, um eine Verdampfung des Lösungsmittels möglichst zu verhüten, durch einen Kork, durch den möglichst dicht ein Glasstab zum Durcheinanderrühren der Lösung eingeführt ist, verschlossen.

Ist die Trübung eingetreten, so rührt man unter langsamem Weitererwärmen bis alles Salz gelöst ist; man läßt dann beide Schichten sich bilden und saugt mit Hilfe angewärmter Pipetten aus beiden Schichten Proben heraus. Sind die Pipetten warm genug, d. h. mindestens auf der Temperatur der Schichten, so fällt kein Salz aus, und man kann z. B. ganz leicht die Lösung in ein Kölbchen überfüllen.

Der Salzgehalt läßt sich durch Abdampfen leicht ermitteln; größere Schwierigkeiten macht die Bestimmung des Alkoholes und des Wassers. Der Versuch, das Wasser und den Alkohol direkt beim Abdampfen zusammen aufzufangen, mißlang.

Auch der Versuch, das Wasser allein mit Hilfe von Röhren.

[1]) Traube und Neuberg a. a. O.

die mit entwässertem Kupfersulfat gefüllt waren, aufzufangen, scheiterte an dem Umstand, daß das entwässerte Kupfersulfat, sobald es Wasser aufnimmt, zu einer harten Masse zusammenbackt, die keinen Luftstrom mehr durchläßt.

Zuletzt wurde folgender Weg für die quantitative Untersuchung der Schichten als gangbar gefunden.

Ist die Schichtung eingetreten und alles Salz gelöst, so halte ich die Temperatur konstant, entnehme mit der angewärmten Pipette die Hälfte der oberen Schicht und fülle diese um in ein kleines Kölbchen; hierauf entnehme ich aus der oberen Schicht eine zweite Probe und lasse diese überfließen in ein Röhrchen, wie ich sie bei meinen Löslichkeitsbestimmungen benutzte. Genau so verfahre ich mit der zweiten Schicht. Aus dem in das Kölbchen übergefüllten Teil bestimme ich den Salzgehalt der betreffenden Schicht, indem ich in einem Ölbad das Wasser und den Alkohol verdampfe und gleichzeitig einen langsamen Strom trockener Luft durch das Kölbchen sauge. Mit Hilfe des zweiten in das Röhrchen übergefüllten Teiles bestimme ich die Sättigungstemperatur der zu untersuchenden Schicht nach der Alexejewschen Methode. Ich stelle für diese Temperatur die Kurve auf, die mir die Abhängigkeit der Löslichkeit vom Alkoholgehalt gibt, und bestimme aus dieser den Alkoholgehalt, der dem aus dem 1. Versuche gefundenen Salzgehalte entspricht.

Bei der Bestimmung der Sättigungstemperatur tritt allerdings eine Schwierigkeit auf, die jedoch verhältnismäßig leicht gehoben werden kann.

Bei der Untersuchung der oberen Schicht zeigte es sich, daß bei der in das Röhrchen übergefüllten Probe ebenfalls Trübung und Schichtung eintrat, so daß die Sättigungstemperatur nicht bestimmt werden konnte.

Dieser Schwierigkeit kann man dadurch aus dem Wege gehen, daß man dem Inhalt des Röhrchens eine bekannte kleine Menge H_2O zusetzt; dadurch wird der Alkoholgehalt der Lösung so herabgedrückt, daß keine Schichtung mehr auftritt.

Mit Hilfe des aus Versuch I bestimmten Salzgehaltes kann ich durch Wägungen das Gewicht des im Röhrchen vorhandenen Lösungsmittels

$$x\,g\ \text{Alkohol} + y\,g\ H_2O = a$$ berechnen.

Aus Versuch II bestimme ich dann den Alkoholgehalt des durch b g H_2O verdünnten Lösungsmittels zu p' %; dann ergibt sich durch einfache Rechnung der Wert von x und daraus der Prozentgehalt des ursprünglichen Gemisches zu

$$p = \frac{a+b}{a} \cdot p'$$

Die Durchführbarkeit dieser Methode zeigt folgender Versuch:

Bei 72,79%igem Alkohol tritt Trübung ein bei 67,3° und bei einem Salzgehalt von mindestens S = 110.

Es wurde demnach in einem offenen Gefäß eine Lösung hergestellt von S = 115.

Das Salz war völlig gelöst bei 73°. Das H_2O-Bad wurde auf dieser Temperatur gehalten und auf die oben angegebene Weise die Trennung und Umfüllung der beiden Schichten durchgeführt.

Die Resultate waren folgende:

I. Obere Schicht.

Aus Versuch I, Abdampfen einer gewogenen Quantität der Lösung, ergab sich als Salzgehalt

$$S = 78{,}5.$$

Versuch II. Bestimmung der Sättigungstemperatur.

Das Röhrchen enthielt 0,7135 g Alkohol + Wasser.

Zugesetzt wurden 0,2857 g H_2O.

Sättigungstemperatur t = 30,4°.

Aus der Löslichkeitskurve für 30,4° ergibt sich für S = 78,5 der %-Gehalt des Lösungsmittels

$$p' = 56{,}5\,\%.$$

Nach der oben gegebenen Formel beträgt also der ursprüngliche Alkoholgehalt

$$p = 79{,}1\,\%.$$

II. Untere Schicht.

Versuch I ergibt S = 228,1,

Versuch II Alkohol + Wasser 0,522 g.

Zugesetzt H_2O 0,3077 g.

Sättigungstemperatur t = 30,2.

Für S = 228,1 ergibt sich p' = 1,2% und

$$p = 1{,}9\,\%.$$

Bei 73° war also die Zusammensetzung der Schichten folgende:

Obere Schicht: Alkoholgehalt p = 79,1%
Salzgehalt S = 78,5
Untere Schicht: Alkoholgehalt p = 1,9%
Salzgehalt S = 228,1.

Dieses Resultat, daß die untere Schicht sehr wenig Alkohol, aber sehr viel Wasser und sehr viel Salz enthält, während die obere Schicht umgekehrte Verhältnisse zeigt, stimmt mit den Resultaten Schiffs und Traubes und Neubergs gut überein.

Leider mußten hier die Untersuchungen abgebrochen werden; doch hoffe ich später noch einmal darauf zurückkommen zu können.

Resultate.

1. Die Schichtenbildung von Lösungen von NH_4NO_3 in Äthylalkohol-Wassergemischen tritt bei konstantem Alkoholgehalt erst von einem bestimmten Salzgehalt an auf bei einer ganz bestimmten Temperatur t_1. Diese Temperatur ist nur abhängig vom Alkoholgehalt, nicht aber vom Salzgehalt der Lösung.

2. Die Schichtung tritt nur ein, wenn bei der dem betreffenden Alkohol-Wassergemisch zukommenden Trübungstemperatur t_1 noch ungelöstes Salz vorhanden ist.

3. Die Schichtung besteht nur während eines ganz bestimmten Temperaturintervalles. Erwärmt man weit genug, so verschwindet bei einer Temperatur t_2, die vom Salzgehalt der Lösung abhängt und mit diesem steigt, die Trübung und Schichtung.

4. Die Volumina der Schichten sind sehr stark veränderlich mit der Temperatur. Eines der beiden Volumina wächst mit steigender Temperatur bis zu einem Maximum, um dann wieder bis zu Null (bei t_2) abzunehmen. Hierin unterscheiden sich die Verhältnisse bei NH_4NO_3 von jenen bei $(NH_4)_2SO_4$; bei letzterem fanden nämlich J. Traube und O. Neuberg, daß die Volumina der beiden Schichten in bedeutenden Temperaturintervallen sich nur sehr wenig ändern.

5. Sehr leicht treten in den der Schichtenbildung fähigen Lösungen Übersättigungserscheinungen auf.

6. Die quantitative Analyse der Schichten, die sich auf dem oben angegebenen Wege durchführen läßt, bestätigt die Resultate von H. Schiff und J. Traube und O. Neuberg, daß die untere Schicht wasser- und salzreicher, aber alkoholärmer ist als die obere.

7. Das Resultat von Traube und Neuberg, daß bei $(NH_4)_2SO_4$ die untere Schicht innerhalb großer Temperaturintervalle nahezu konstante Zusammensetzung habe, scheint, mit Rücksicht auf die große Volumenänderung der einzelnen Schichten, bei Ammoniumnitrat nicht zuzutreffen.

Nach Beendigung meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. E. Wiedemann, der mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand, meinen herzlichsten Dank auszusprechen; in gleicher Weise danke ich Herrn Professor Dr. Wehnelt und Herrn Dr. Reiger für ihre liebenswürdige Unterstützung.

Das Muzin der Milzbrandbazillen.

Von L. Heim.

Aus dem hygienisch-bakteriologischen Institut der Universität Erlangen.

Nach einem Vortrag in der Sitzung vom 23. Februar 1904.

Wenn man Milzbrandbazillen im Ausstrich aus dem Körper mit geeigneter Methylenblaulösung behandelt, so zeigt sich die sogenannte Kapsel metachromatisch rosagefärbt. Diese Tatsache ist zuerst von Weichselbaum[1]) erwähnt worden, wurde aber später bei der Nachprüfung von Klett[2]) nicht als eine Wirkung der Farbe, sondern als eine Erscheinung der Lichtbrechung erklärt, die bei Anwendung eines Apochromaten nicht hervorgetreten sein soll; sie blieb dann unbeachtet und unerwähnt bis zum Jahre 1901, wo ich die Färbung bei meinen Milzbranduntersuchungen in der ausgesprochensten Weise antraf. Ich legte bei meiner Veröffentlichung[3]) auf diese Wiederentdeckung weniger Gewicht als auf den beim weiteren Studium von mir herausgebrachten Nachweis, daß die Methylenblaufärbung durch die Metachromasie ein Hilfsmittel zur Erkennung des Schicksals der Milzbrandbazillen im Körper ist. Im Blute, an der Impfstelle und im Lungensaft, weniger in den Ausstrichen aus den übrigen Organen von Milzbrandtieren, intensiver bei Meerschweinchen wie bei Mäusen, hatte ich nämlich nach der Färbung mit Methylenblau unter der Vorsicht nur geringer Spülung mit Wasser und rascher Trocknung außer den blauen, mit rosa Kapseln umgebenen Bazillen sehr viele rosa oder dunkler rosa

---

[1]) Weichselbaum, Grundriß der pathologischen Histologie, Leipzig und Wien 1892, S. 138.

[2]) R. Klett, Beiträge zur Morphologie des Milzbrandbazillus. Dissertation, Gießen 1894, S. 36.

[3]) Archiv für Hygiene Bd. 40 (1901), S. 55.

mit einem Stich ins Violette tingierte Teile gesehen, entweder in Form von Detritus oder noch von der Gestalt der Milzbrandstäbchen bis zu größeren rotgefärbten Schollen und Klumpen, die ungefärbte Kügelchen oder Granula (Schaumkörperchen) und feinste violette oder dunkelgefärbte Pünktchen (Reste der zerfallenen Stäbchen) einschlossen. Dieselben Trümmer und Schollen fand ich auch in Blutserumkulturen von Milzbrandbazillen als Auflösungserscheinungen, die namentlich bei Verwendung frischen Blutserums der verschiedensten Tiere und des Menschen in ausgedehntem Maße zu beobachten sind. Endlich hatte ich schon damals die metachromatische Rosafärbung mit Methylenblaulösung bei Friedländerschen und anderen Bakterien beschrieben.

Jene Veröffentlichung sowie ein Hinweis auf sie in meiner Arbeit: „Eine Milzbrandinfektion durch Ziegenhaare“[1]) sind unbeachtet geblieben. So kam es, daß, worauf ich zufällig aufmerksam wurde, M'Fadyean später[2]) die Rotreaktion der Milzbrandbazillen im Ausstrich von Blut, Exsudat oder Gewebssaft als etwas neues beschrieb und Schäffer[3]) die „Milzbrandfärbung nach M'Fadyean“, wie er sie nannte, zum Gegenstand seiner Untersuchungen machte; beide Autoren kamen aber 2 und 3 Jahre nach mir nicht so weit, wie ich bereits im Jahre 1901 gekommen war. Sie haben die Bedeutung dieser Reaktion und die Einblicke, die sie in die Vorgänge bei der Infektion gewährt, nicht erkannt, sie haben sie bei andern Bakterien und bei Tieren, die andern Krankheiten erlegen waren, nicht gesehen, und Schäffer hielt schließlich weitere Nachforschungen für erwünscht, „um sicher festzustellen, daß die Chromotropie gegenüber Methylenblau, die sich an frischem Milzbrandmaterial zeigt, einzig und allein dem Milzbrand zukommt“.

Unterdessen war im Januar 1904 eine Arbeit von v. Behring und Much[4]) erschienen, die auch ihrerseits die gedachte Reaktion als etwas ganz neues hinstellte. Die beiden Autoren

---

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 18 (1902), S. 135.

[2]) Journal of comparative Pathology and Therapeutics (with which is incorporated the Veterinarian). Vol. XVI, Part. 1 (March 1903), p. 35.

[3]) Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene, März 1904, Heft 6, S. 176.

[4]) Deutsche medizinische Wochenschrift 1904, Nr. 1, S. 2.

hatten sie unter Verwendung des Chenzinskischen Methylenblau-Eosingemisches speziell an Endothelzellen des Herzens und der Gefäße gefunden, die in Milzbrandkulturen übertragen worden waren, manchmal auch bei Milzbrandtieren, besonders solchen, die mit abgeschwächtem Material geimpft und später als üblich gestorben waren. Sie kamen auf Grund ihrer Untersuchungen zu der Ansicht, daß die Rotreaktion nicht von den Bazillen herstamme, sondern als eine eigentümliche Reaktion der unter dem Einflusse der Krankheitserreger zerfallenden oder degenerierenden Endothelien aufzufassen sei, ja v. Behring ging in seinen Spekulationen noch viel weiter und sah in ihr die Erscheinung eines dritten Agens, das die vorher fehlende Leitung vom Gift der Milzbrandbazillen zu dem in den normalen Endothelien von ihm vermuteten Antikörper herstellen solle. Die in Blutserumkulturen auftretenden, mit Methylenblau sich rotfärbenden Teile sollten ihren Ursprung vom Endothelienzytoplasma haben.

Diese letztere Mitteilung veranlaßte mich zur Nachprüfung der Angaben von v. Behring und Much; dabei nahm ich neuerdings meine früheren Untersuchungen wieder auf und kam dabei zu Ergebnissen[1]), die ich hier also zusammenfassen will:

1. Die Rotfärbung der Milzbrandbazillen, die nach Anwendung von rotstichigem Methylenblau und Sorge für geringe Wasserspülung immer auftritt, wenn die Präparate aus einem nicht faulendem Leichenteil oder aus Blutserumkulturen stammen, ist als eine in der Histologie schon länger bekannte Muzinreaktion aufzufassen.

2. Die Muzinreaktion wird bei allen schleimbildenden Bakterien erhalten, unter den Krankheitserregern am intensivsten bei Bacillus anthracis und Micrococcus tetragenus.

3. Die Muzinhülle oder der vielen Bakterien zukommende muzinhaltige Schlauch quillt bei den pathogenen Kapselbakterien im Blutserum, der Schleim wird dann oft ausgestoßen. Wahrscheinlich erfolgt jene Quellung zur Abwehr, zum Schutz gegen die Auflösung der Bakterienzelle.

4. Unter dem Einflusse der lysogenen Eigenschaft der Körpersäfte wird der Zentralkörper, also der mit Methylenblau

[1]) Münchener medizinische Wochenschrift 1894, Nr. 10, S. 426.

sich blaufärbende Teil des Stäbchens, wenn der Schutz nicht mehr ausreicht, eher aufgelöst als die Muzinhülle.

5. Das reichlichere Auftreten der Muzinreaktion bei spät gestorbenen Tieren wird daher rühren, daß bei einer länger währenden Infektion mehr Bazillen von den bakterienfeindlichen Wirkungen des Körpers der Abtötung und Auslaugung anheimfallen.

6. Die Rotreaktion der außerhalb des Körpers in der Bouillonkultur gehaltenen Endothelzellen ist dadurch bedingt, daß ihnen noch Reste von Blutserum anhaften; sorgt man für Wegwaschung derselben, so bilden die Milzbrandbazillen den Schleim nicht oder nicht in nennenswertem Maße. Bei Gegenwart von Serum wird die Reaktion dort am größten, wo die meisten Milzbrandkeime gewachsen und ausgelaugt worden sind.

7. Nichts spricht für die v. Behringsche Ansicht, daß die Antikörper für die Giftwirkung der Milzbrandbazillen in den Endothelien des Gefäßsystems zu suchen seien. Die Deutung der roten Partikel als Zerfallsprodukte der Endothelzellen ist falsch. Was v. Behring und Much als Reaktions- und Degenerationserzeugnisse der Endothelien angesehen haben, ist nichts weiter als das Muzin der Milzbrandbazillen.

Untersuchungen über die Wiesbadener Thermalquellen und ihre Radioaktivität.

Von Ferdinand Henrich.

Vorgetragen in der Sitzung vom 14. November 1904.

Einleitung.

Die Frage, in welcher geologischen Epoche die heißen Quellen Wiesbadens ihren Ursprung nahmen, kann bis jetzt nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Man hat ihre Entstehung mit einem Basaltvorkommen in der weiteren Umgebung in Verbindung gebracht. Daraus und aus anderen Gründen schloß man, daß die Thermen in der Tertiärzeit zum ersten Male zu Tage traten. Bündige Beweise für diese Ansicht fehlen indessen.

Im Jahre 1854 stieß man bei der Fundamentierung der protestantischen Hauptkirche in der Tiefe auf Diluvialschotter, der mit Quellensedimenten vermengt war. Nach Sandbergers Ansicht können diese Sedimente nur von den Thermalquellen herrühren. Er schloß daraus, daß die heißen Quellen Wiesbadens bereits in der Diluvialzeit flossen. —

Margellenfunde aus der jüngeren Steinzeit beweisen uns, daß damals die Gegend um die Quellen bewohnt war. Unsere Vorfahren aber, die Germanen, kannten bereits die heilkräftige Wirkung des warmen Wassers.

Dann nahmen die Römer von dem Lande Besitz, und die gewaltigen Baumeister des Altertums bewährten ihre Kunst auch an den heißen Quellen. Sie versahen sie mit soliden Fassungen und leiteten das Wasser zu Trinkstellen und in komfortabel eingerichtete Badehäuser. Je mehr wir durch Ausgrabungen von den römischen Ruinen zu sehen bekommen, desto mehr

drängt sich uns die Überzeugung auf, daß damals ein reges Badeleben dort geherrscht haben muß.

Aus römischer Zeit stammt auch die erste schriftliche Überlieferung von den heißen Quellen des heutigen Wiesbadens. „Sunt et Mattiaci in Germania fontes calidi trans Rhenum, quorum haustus triduo fervet, circa margines vero pumicem faciunt aquae," so berichtet Plinius im 31. Buche, Kap. 2, Sekt. 17 seiner Naturgeschichte.

In den Stürmen der Völkerwanderung wurden die römischen Anlagen zerstört, und viele Jahrhunderte hören wir nichts mehr von den heilkräftigen Wässern. Erst im 16. Jahrhundert geben uns Badebücher wieder Nachrichten von den Quellen, und von da an können wir ihre Geschichte bis zum heutigen Tage verfolgen. —

I. Geologisches über das Gebiet der Quellen.

Wiesbaden liegt auf der Grenzscheide zwischen dem sogenannten Mainzer Becken und dem Taunusgebirge. Beide gehören völlig verschiedenen geologischen Epochen an. Während man die Taunusgesteine der paläozoischen, speziell der unterdevonischen Formation zurechnet, stammen die Ablagerungen des Mainzer Beckens aus der Tertiärzeit.

Die Schichten des Taunusgebirges sind nicht mehr horizontal gelagert, sondern so aufgerichtet, daß sie mit 60°—90° gegen Norden einfallen. Das Streichen der Schichten geht parallel mit dem Kamm des Gebirgszuges, also vom Niederwald nach dem Feldberg hin, d. i. von S.W. nach N.O. In der näheren Umgebung Wiesbadens zeigen die Taunusgesteine bedeutende Abweichungen von der normalen Streichrichtung. Vermutlich fanden bei der Bildung des Wiesbadener Kesseltals starke Störungen der schon aufgerichteten Taunusschichten statt. Im Norden und Nordwesten der Stadt stehen die Serizitgneise an, weiter entfernt folgen die Serizitschiefer, und den Kamm des Gebirges bildet der Taunusquarzit (Grauwacke). An der Grenze zwischen Schiefern und Quarzit entspringen die meisten Süßwasserquellen und Bäche.

Von den Quarzitzügen sind die Quarzgänge des Taunus wohl zu unterscheiden. Es ist geradezu charakteristisch für das Taunusgebirge, daß es sehr häufig von Quarzgängen und

-bändern durchsetzt ist. Sie finden sich von winziger Größe bis zu der bedeutenden Mächtigkeit von 20—25 m. Die größten Quarzgänge sind bei Georgenborn, am Neroberg und bei dem Dorfe Naurod entblößt. Während der erste und der dritte einige Stunden von Wiesbaden entfernt sind, erstreckt sich der mittlere bis in die Stadt hinein. Er streicht mit h $10^3/_8$ und 67° westlichem Einfallen und geht, mehrfach unterbrochen und verschoben, vom Neroberg durch den schon von den Bauten der Stadt bedeckten Röderberg. Ganz in der Nähe der Thermalquellen ist er mehrfach bloßgelegt worden, und die meisten der Thermalquellen treten in einem sandigen Quarzkiesboden zu Tage, der, wie es scheint, denselben Quarz enthält, aus dem der Gang besteht. Dieser Quarzgang ist es, der nach Fridolin Sandbergers Ansicht die Verwerfungsspalte ausfüllt, an deren Ostseite die Wiesbadener Thermalquellen austreten. Ganz dürfte dies nicht stimmen, denn man hat den Quarzgang in der Nähe der Schützenhofquelle nur in einer Mächtigkeit von 2 m aufgedeckt, während die Längslinie des Thermalquellengebietes 400 m beträgt.

Noch ist ein Basaltvorkommen zu erwähnen, das sich an verschiedenen Stellen in der Nähe Wiesbadens zeigt. Es tritt in einer Entfernung von 2—3 Stunden von der Stadt besonders in Naurod zu Tage, wurde in geringerer Mächtigkeit aber auch in Sonnenberg (1 Stunde von Wiesbaden) beobachtet. Verschiedentlich wurde auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Thermen und Basalt hingewiesen.

Die Tertiärschichten des Mainzer Beckens liegen über dem Niveau des Thermalquellengebietes, und alles deutet darauf hin, daß die heißen Quellen aus dem mit Quarz durchsetzten Serizitgneiß hervortreten. Letzterer ist aber im Thermalquellengebiet von einer bereits sehr starken Sinterschicht überlagert.

II. Topographie der Quellen.

Die Hauptthermalquellen Wiesbadens sind der Kochbrunnen (mit 68,7° C. und 367 Liter in 1 Minute), die Adlerquelle (mit 64,4° C. und 147 Liter in 1 Minute) und die Quelle des Schützenhofes (49,2° C. und 180 Liter in 1 Minute). Diese 3 Quellen liefern in 1 Minute mehr Wasser als alle übrigen

zusammen, die 647 Liter in der gleichen Zeit auswerfen. Es ist gewiß kein Zufall, daß die 3 Hauptquellen genau in einer geraden Linie liegen, die von S.W. nach N.O. geht und ziemlich genau mit dem Streichen der Taunusschichten parallel läuft. Auf dieser Linie liegen noch 3 andere Thermalquellen, nämlich die des Hotels zum Spiegel (mit 66,2° C. und 67 Liter in der Minute), ganz in der Nähe vom Kochbrunnen und die unbedeutende des goldenen Brunnens (64° C. und 7 Liter in 1 Minute) unmittelbar bei der Adlerquelle. Alle diese Quellen liegen beinahe auf derselben Höhe über dem Amsterdamer Pegel, während die anderen Quellen alle in tieferem Niveau an die Oberfläche treten.

Die größte Entfernung jener Geraden von dem Kochbrunnen bis zur Schützenhofquelle beträgt 400 m. Verlängert man sie nach S.W., so schneidet sie in einer Entfernung von ca. 700 m den Faulbrunnen[1]), eine Halbtherme von 14° C. Diese Quelle enthält dieselben chemischen Bestandteile wie die Thermalquellen, nur in wesentlich geringeren Mengen[2]). E. Winter, der beste Kenner der Wiesbadener Quellen in technischer Hinsicht, hat deswegen die Vermutung ausgesprochen, daß der Faulbrunnen „an einer Stelle der Felsenspalte entspringt, welche von den Kieslagern des Wellritzbaches überdeckt ist und mit den weiter oberhalb gelegenen Kieslagern in Verbindung steht. Letztere führen süßes Wasser und mengen sich mit den Thermalwassern, welche wahrscheinlich wegen ihrer Tiefenlage bis jetzt nicht besonders gefaßt worden sind[3]).

Dem stand aber die Tatsache entgegen, daß das Faulbrunnenwasser sich von dem der Thermalquellen durch einen deutlichen Geruch und Geschmack nach Schwefelwasserstoff

---

[1]) In älteren Schriften über Wiesbaden findet man angegeben, daß in der Nähe der Stelle, wo der Faulbrunnen ausläuft, mehrere Quellenausbrüche waren, dieselben aber sind jetzt so überbaut, daß man nicht mehr an sie gelangen kann.

[2]) W. D'Orville und W. Kalle, Analyse der Faulbrunnenquelle zu Wiesbaden. Jahrbuch des Vereins für Naturkunde im Herzogtum Nassau 1857.

[3]) E. Winter, Die Thermalquellen Wiesbadens in technischer Beziehung (München, Ackermann 1880), S. 16.

unterscheidet. Die Menge desselben ist freilich so gering, daß sie quantitativ nicht hat bestimmt werden können. Auch die heißen Quellen enthalten nach den Angaben von H. und R. Fresenius Schwefelwasserstoff in „unwägbaren Spuren[1])“; in ihrem Geschmack und Geruch erinnern sie aber nicht entfernt so deutlich an jenes Gas wie der Faulbrunnen.

Wie ist es nun möglich, daß ein verdünntes Thermalwasser bei viel niedrigerer Temperatur stärker nach Schwefelwasserstoff riechen und schmecken kann, also offenbar mehr Schwefelwasserstoff enthält als ein unverdünntes? Es wäre freilich denkbar, daß der viel schwächere Geruch und Geschmack des Thermalquellenwassers nach Schwefelwasserstoff von einem Überwiegen der Kohlensäure herrühre, die selbst stark auf Nase und Zunge wirkt, und jenen gewissermaßen verdeckt. Aber das Faulbrunnenwasser enthält etwa dieselbe Menge freier Kohlensäure wie das Wasser der heißen Quellen[2]).

Darum glaubte man, daß das Plus an Schwefelwasserstoff im Faulbrunnen von der Zersetzung des Moorbodens des Wellritztales, in dem die Quelle entspringt, oder von organischen Abwässern der nahen Kaserne herrühre, eine Annahme, die aber nach Untersuchungen von D'Orville und Kalle[3]) höchst unwahrscheinlich ist. Auch E. Winter[4]) glaubt, daß der Schwefelwasserstoffgehalt allen unseren Thermalquellen zukommt.

So lange man die Menge Schwefelwasserstoff im Thermalwasser betrachtet, ist der höhere Gehalt des Faulbrunnens im Vergleich zu den Thermen allerdings kaum zu erklären[5]). Mit dem Wasser treten aber auch stets Gase aus den heißen Quellen aus, und als ich diese auf Schwefelwasserstoff untersuchte, war es mir ein Leichtes ihn nachzuweisen. Als ich einen kräftigen Strom der Gase des Kochbrunnens, der Adler- und Schützenhofquelle durch Metalllösungen leitete, wurden be-

---

[1]) Jahrbücher des Vereins für Naturkunde 1886, S. 14 und 44, sowie 1897.

[2]) R. Fresenius, Jahrbuch des nassauischen Vereins für Naturkunde S. 21.

[3]) l. c., S. 1 und 2.

[4]) l. c., S. 16.

[5]) Eine chemische Bindung ist auch nicht wahrscheinlich und ist schwer zu diskutieren.

reits nach wenigen Stunden wägbare Mengen von Schwefelmetall abgeschieden, aus dem ich Schwefel herstellen und anzünden konnte. Nun ist es ohne weiteres begreiflich, daß der Schwefelwasserstoff jener Gase, die dazu in jener Gegend wesentlich ärmer an Kohlensäure sind als im Kochbrunnen, von verdünntem und kaltem Thermalwasser stärker absorbiert wird als der von nicht oder wenig verdünntem der heißen Quellen. Leider läßt sich ein einwandsfreier experimenteller Beweis hierfür nicht mehr erbringen, da die ursprünglichen Austrittsstellen des Faulbrunnens völlig zugebaut sind. Das süße Wasser des Wellritztales hat jedenfalls weder Geschmack und Geruch, noch einen ähnlichen Salzgehalt wie der des Faulbrunnens.

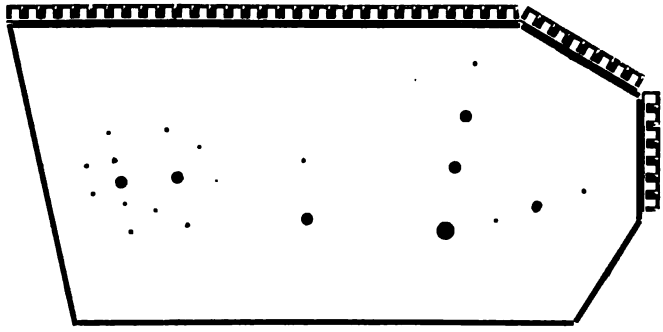
Das Quellengebiet des Kochbrunnens und der Adlerquelle wird durch große gemauerte Bassins umschlossen. Dampfend sprudelt das Wasser aus diesen Becken hervor, so daß man glaubt, es siede. Dies ist indessen nicht der Fall, denn die Temperatur des Kochbrunnens beträgt 68,8° C., die der Adlerquelle 64,4° C. Die wallende Bewegung wird vielmehr durch aufsteigende Gase verursacht, welche man vermittels eines übergestülpten Trichters ableiten kann.

Da diese Gase überall da heraustreten, wo auch das Wasser emporsprudelt, und sich in senkrechter Richtung nach oben bewegen, so projizieren sie gewissermaßen ein Bild der Ausbruchsstelle auf dem Quellenspiegel. Im Kochbrunnen freilich tritt der Hauptstrom in einem kleineren seitlich eingebauten Bassin aus und wird durch ein Rohr nach der Mitte des Bassins geleitet. An der Adlerquelle aber hat Kunst den natürlichen Quellenausbruch noch nicht verändert, und hoffentlich bleibt dies interessante Naturschauspiel auch fernerhin so erhalten, wie es ist.

Das Bassin der Adlerquelle hat die Form eines länglichen Sechsecks. Faßt man die Stellen, wo das Gas heraussprudelt, näher ins Auge, so bemerkt man, daß es unter den vielen oft drei oder mehr Stellen gibt, die genau oder fast genau in einer geraden Linie liegen. Die längste der so konstruierten Linien fällt ziemlich genau in die Richtung der großen Verwerfungsspalte, von der oben die Rede war. In folgendem Bilde, das keineswegs Anspruch auf absolute Richtigkeit machen

kann, ist der durch das Gas projizierte Quellenausbruch dargestellt. Die Punkte bedeuten die Austrittsstellen des Gases.

Fig. 1.



Es ist nicht unmöglich, daß sich an den Stellen, wo jetzt mehrere Punkte in einer Linie liegen, Spalten und Risse befanden, die allmählich versinterten.

Die natürlichen Quellenausbrüche der Schützenhofquelle wurden durch seitliche Zuflußkanälchen auf einen kleinen Raum konzentriert, und so quillt jetzt das Wasser aus einer großen Sandsteinschale.

III. Frühere chemische Untersuchung der Quellen.

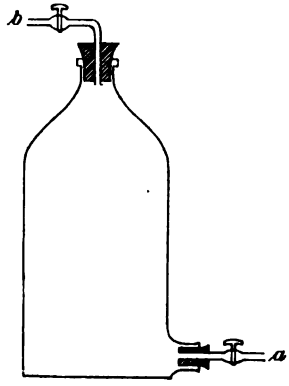
Schon frühe hatten die heißen Quellen Wiesbadens das Interesse der Chemiker erregt. Bereits 1800 gibt der Hofarzt G. H. Ritter qualitative und quantitative Analysen. Ihm folgten Lade sen. 1820; Kastner, der Lehrer Liebigs, 1822 und 1838, dann Jung 1838 und seit 1849 Remigius Fresenius. Er und seine Schüler haben seitdem die wichtigsten Mineralquellen Wiesbadens analysiert.

IV. Die Gase der Quellen.

Die Quellenbassins sind viele Quadratmeter groß, liegen tief und sind z. T. mit 1 m hohen Gittern umzäunt, so daß es nicht leicht ist an die Gassprudel zu gelangen. Ich legte bei der Gasentnahme zunächst eine Latte so über das Gitter, daß sie in die Linie des Sprudels fiel. Dann wurde durch einen über die Latte gelegten Senkel die Lage des Sprudels bestimmt.

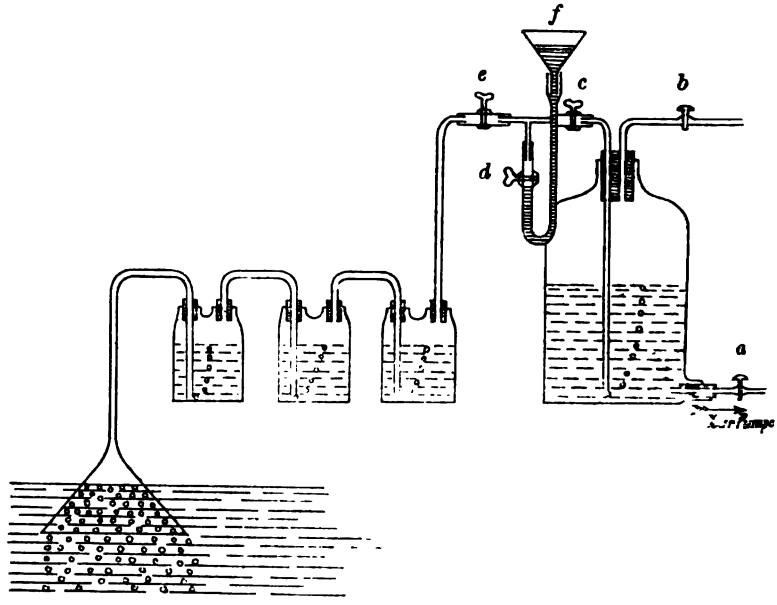
Nachdem die Lage der Schnur auf der Latte markiert war, wurde der Senkel entfernt und an seine Stelle ein umgestülpter Trichter gebracht, der mit einem Bleiring beschwert war und eine Ableitung besaß. Als Gasometer benutzte ich 5-Liter-Flaschen, die in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise hergerichtet und mit Wasser gefüllt waren. *b* wurde mit der Gasquelle verbunden und dann *a* vorsichtig geöffnet.

Fig. 2.



Später, als das Gas schon an der Quelle von der Kohlensäure befreit wurde, genügte der Druck dieser Wassersäule nicht mehr, um das Gas anzusaugen. Darum setzte ich folgende Apparatur (Fig. 3) zusammen:

Fig. 3.



Der Trichter ist mit einem System von 3 Woulffschen Flaschen verbunden, in denen sich Kalilauge 2:3 befindet. An sie schließt sich der Gasometer, der wieder 5 Liter Inhalt hatte.

Letzterer wird vor dem Versuch ganz mit Wasser gefüllt, indem man *e* und *a* schließt, *d*, *c*, *b* öffnet und aus *f* so lange Wasser zufließen läßt, bis es aus b austritt. Dann schließt man *b* und *c* und kann durch Öffnen von *e* auch diesen Zweig mit Wasser füllen. Ist der Gasometer gefüllt und die Apparatur wie oben zusammengesetzt, so schließt man *d*, saugt zuerst schwach bei *a* und öffnet *e* und *c*. Nun tritt das Gas durch das lange Rohr in den Gasometer ein. Da die Woulffschen Flaschen im Anfang des Versuches Luft enthalten, so gelangt auch anfangs in den Gasometer noch Luft. Um sie zu entfernen, werden, nachdem etwa 2 Liter eingetreten sind, *e* und *a* geschlossen, *d* und *b* geöffnet. Dann fließt aus *f* so lange Wasser nach, bis es aus *b* ausströmt. Nun werden *b* und *d* geschlossen, erst *a*, dann *e* geöffnet und die Füllung von neuem in der angegebenen Weise bewerkstelligt. In dieser Weise konnte ich fast ganz von Kohlensäure befreites Quellengas erhalten.

Die Gase konnten in Ermangelung anderer Apparate bisher nur mit der Bunte-Bürette analysiert werden. — Fresenius hatte 1885 beim Kochbrunnen gefunden, daß 100 ccm Gas enthalten

CO_2	88,800 ccm
Stickgas mit Spur Sauerstoff . .	11,147 „
Leichtes Kohlenwasserstoffgas .	0,053 „

Ich fand etwas davon abweichende Werte und analysierte das Gas deshalb an zwei verschiedenen Tagen:

1. 29. August. b = 758 mm; t = 20—21°. In 100 ccm:

	I	II
Durch Kalilauge Absorbierbares	84,5 ccm	84,5 ccm
Sauerstoff	0,1 „	0,1 „
Nicht Absorbierbares (bes. N) .	15,4 „	15,4 „

2. 14. September. b = 750 mm; t = 20—21°. In 100 ccm:

	I	II
Durch Kalilauge Absorbierbares	84,4 ccm	84,5 ccm
Sauerstoff	0,1 „	0,1 „
Nicht Absorbierbares	15,5 „	15,4 „

Dies Gas war dem Hauptsprudel des Kochbrunnens entnommen. Ein kleinerer Sprudel zeigte ein etwas abweichendes Resultat. In 100 ccm:

	I	II
Durch Kalilauge Absorbierbares	83,4 ccm	83,6 ccm
Sauerstoff	0,2 „	
Nicht Absorbierbares	16,4 „	

In kurzen Intervallen bleibt also die Zusammensetzung der Gase des Kochbrunnens konstant, in längeren scheinen kleine Veränderungen vor sich zu gehen. Ich beabsichtige das Gas deshalb zu verschiedenen Jahreszeiten zu analysieren, und zwar mehrere Jahre lang.

Zwei verschiedene Sprudel des Kochbrunnens zeigten also am gleichen Tage etwas verschiedene Zusammensetzung.

Die Gase der Adlerquelle wurden bisher noch nicht analysiert, weil es hier besonders schwer ist, zum Gase zu gelangen. Am 29. August fand ich in 100 ccm bei 758 mm und 20° C.:

	I	II
Durch Kalilauge Absorbierbares .	75,4 ccm	75,4 ccm
Sauerstoff	1,0 „	0,8 „
Nicht Absorbierbares (Stickstoff etc.)	23,6 „	23,8 „

Am 14. September ergab sich bei 750 mm und 20,5° in 100 ccm:

Durch Kalilauge Absorbierbares	74,2 ccm
Sauerstoff	1,1 „
Nicht Absorbierbares (incl. N) .	24,7 „

Bei der Adlerquelle finden also im Laufe kurzer Zeit geringe Schwankungen in der Zusammensetzung der Gase statt. Auch hier zeigen verschiedene Sprudel verschiedene Zusammensetzung, wie die Analyse eines zweiten am 14. September analysierten Sprudels ergab:

In 100 ccm bei 750 mm und 20,5° C.:

Durch Kalilauge Absorbierbares	78,2 ccm
Sauerstoff	0,6 „
Nicht Absorbierbares (inkl. N) .	21,2 „

Die Gase der Schützenhofquelle wurden 1886 von H. Fresenius analysiert. Er fand in 100 ccm:

Kohlensäure	38,47 ccm
Stickstoff, Spuren von O und von Kohlenwasserstoff	61,53 „

Ich fand in 100 ccm:

1. Am 29. August:

Durch Kalilauge Absorbierbares	32,5%
Sauerstoff	0,3 „
Nicht Absorbierbares	67,2 „

2. Am 14. September:

Durch Kalilauge Absorbierbares	32,7 ccm
Sauerstoff	0,2 „
Nicht Absorbierbares	67,1 „

Hier war also die Zusammensetzung der Gase im Laufe eines halben Monats dieselbe geblieben.

Vergleicht man die Resultate der Analysen der drei Quellen, so bemerkt man eine allmähliche Abnahme der CO_2 vom Kochbrunnen zum Schützenhof. Es ist nicht unmöglich, daß die letzten zwei Quellen auf den Weg aus der Tiefe mit Luft in Berührung kommen. Wie kann nun das Wiesbadener Thermalquellwasser durch Luft verändert werden? Eine beträchtliche Menge von Eisen ist in der Quelle als Oxydulbikarbonat enthalten. Sowie dies mit der Luft in Berührung kommt, wird es oxydiert und scheidet sich als Eisenoxyd und dessen Salze ab. Dadurch müßte das Verhältnis von NaCl zu Eisenoxydulkarbonat in den Quellwässern desto größer werden, mit je mehr Luft sie in Berührung waren. Das ist bei den drei Quellen in der Tat der Fall:

I. Kochbrunnen	II. Adlerquelle	III. Schützenhofquelle
NaCl: $FeCO_3$	NaCl: $FeCO_3$	NaCl: $FeCO_3$
= 734,3	= 767,8	= 1718

V. Nachweis der Radioaktivität der Gase.

1. Auf photographischem Wege: Leitet man das Gas des Kochbrunnens, um es zu trocknen, zunächst durch drei Flaschen mit $CaCl_2$ und dann in einen Exsikkator mit vor Licht geschützten Platten, so erhält man deutliche Bilder von Metallstücken, wenn man die Platten nach 22 Stunden entwickelt.

---

[1]) Der Exsikkator war aus rotem Glase und wurde noch mit zwei schwarzen Tüchern umhüllt. Er stand in einer verschlossenen Kiste. Auf der Schichtseite der Platte lagen Metallstücke, die unten mit Seidenpapier beklebt waren, damit das Metall nicht direkt die Schicht berühre.

Nun zeigte es sich aber, daß das Gas nicht ganz frei von Schwefelwasserstoff ist. Fresenius gibt an, daß das Wasser Spuren von Schwefelwasserstoff enthält, und konnte ihn nur höchst unvollkommen nachweisen. In den Gasen ist er ebenfalls in geringer Menge, konnte aber unzweifelhaft erkannt werden. Als ich einen starken Gasstrom der drei Quellen einige Stunden durch Bleinitrat oder Kupferchloridlösungen leitete, schied sich Schwefelmetall in wägbarer Menge ab. Dies abfiltriert, gewaschen und getrocknet, zersetzte sich beim Behandeln mit verdünnter Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel. Letzterer wurde an allen seinen charakteristischen Eigenschaften erkannt.

Fig. 4.

Darum war der obige Nachweis der Radioaktivität nicht einwandsfrei. Ich befreite deshalb das Gas von CO_2 und H_2S indem ich es zuvor durch Kalilauge 2 : 3 leitete. Acht Liter des so behandelten Gases wirkten $1^1/_2$ Tage auf eine entsprechend vorgerichtete und vor Licht geschützte Platte. Als letztere entwickelt wurde, war sie geschwärzt und die Metallstücke im Bilde gut sichtbar.

2. Auf elektrometrischem Wege: Viel sicherer und vor allen Dingen quantitativ konnte der Nachweis der Radioaktivität auf elektrometrischem Wege geführt werden.

Am besten geschieht dies ohne Zweifel mit der Apparatur,

welche Elster und Geitel[1]) angegeben haben. Sie dürfte als Normalapparatur für derartige Untersuchungen zweckmäßig sein. Leider stand sie mir bisher nicht zur Verfügung, und so konstruierte ich mir einen jenem Apparate ähnlichen. Eine Glasglocke von 8,8 Liter Inhalt wurde im Inneren mit einem Kupferdrahtnetz völlig ausgekleidet. Nur an zwei gegenüberliegenden Stellen hatte das Drahtnetz Fensterchen von 4×4 cm Größe. Sie dienten zur Beleuchtung und zum Ablesen des Elektrometers. Das Drahtnetz war mit einem Metallteller leitend verbunden, auf den die Glocke hermetisch aufgesetzt werden konnte. Der Teller aber stand mit der Erde in leitender Verbindung. Oben im Tubus der Glocke und unten im Metallteller waren Hahnröhren zum Einleiten der Gase angebracht. In dem Tubus der Glocke war auch noch eine Vorrichtung zum Laden des Elektrometers angebracht. Letzteres bestand aus einem empfindlichen Exnerschen Elektroskop mit aufgesetztem Zerstreuungskörper.

Jedesmal vor einem Versuch wurde die Glocke mit Zimmerluft gefüllt, der Apparat zusammengesetzt, geladen und zunächst der Spannungsabfall der Zimmerluft von Viertelstunde zu Viertelstunde bestimmt. Dann wurden 40 ccm des auf Radioaktivität zu prüfenden Gases in trockenem Zustande in die Glocke geleitet und der Spannungsabfall in den gleichen Zeitintervallen von neuem bestimmt. Von den so gefundenen Werten wurde jedesmal der Spannungsabfall der Zimmerluft abgezogen.

Bei einem Vorversuch mit Kochbrunnengas wurde das Elektroskop einmal mit positiver, ein zweites Mal mit negativer Elektrizität geladen und jedesmal der Spannungsabfall bestimmt. In beiden Fällen fand ein starker Spannungsabfall statt:

Sowohl positive als auch negative Elektrizität wird durch Kochbrunnengas zerstreut.

Bei den folgenden Versuchen wurde stets nur negative Ladung angewendet.

I. Kochbrunnengas (CO_2 etc. = 84,6%; O = 0,1%; N etc. = 15,3%).

Ein Vorversuch ergab, daß an jenem Tage der Spannungsabfall der Zimmerluft 11,4 Volt beträgt.

1. Versuch. In das negativ geladene Elektroskop wurden

[1]) Physikalische Zeitschrift 1904.

40 ccm Kochbrunnengas eingeleitet, und zwar $^3/_4$ Stunden nach seiner Entnahme. Dann erfolgte in 1 Stunde ein Spannungsabfall von 91—11,4 = 79,6 Volt.

40 ccm Kochbrunnengas bewirken in 8,8 Liter[1]) Zimmerluft in 1 Stunde einen Spannungsabfall von 79,6 Volt.

2. Versuch. Kochbrunnengas wurde von der Kohlensäure u. s. w. befreit und 40 ccm dieses Gases von neuem im Elektrometer geprüft. Es erfolgte dann:

In $^1/_2$ Stunde ein Spannungsabfall von 150 Volt. Davon wird der Spannungsabfall der Zimmerluft in $^1/_2$ Stunde = 5,7 Volt abgezogen. 40 ccm von der Kohlensäure befreites Kochbrunnengas vermögen somit in $^1/_2$ Stunde 144,3 Volt zu zerstreuen.

Die Kohlensäure scheint somit gar nicht oder in nur sehr geringem Maße der Träger der Radioaktivität des Gases zu sein.

Zunächst wurde geprüft, ob dies Resultat sich bei der Adler- und Schützenhofquelle bestätigt.

II. Gas der Adlerquelle (CO_2 etc. = 75,4%; O = 1,0%; N etc. = 23,6%).

1. In den Elektrometerraum kamen wieder 40 ccm Gas. Sie bewirkten in 1 Stunde einen Spannungsabfall von 77,7—12 = 65,7 Volt.

2. 40 ccm von Kohlensäure befreites Adlerquellengas bewirkten in $^1/_2$ Stunde einen Spannungsabfall von 94—4,5 = 89,5 Volt.

III. Gas der Schützenhofquelle (CO_2 etc. = 32,5%; O = 0,3%; N etc. = 67,2%).

1. 40 ccm Gas entluden in $^3/_4$ Stunden 114,4—9,0 = 105,4 Volt.

2. 40 ccm von Kohlensäure befreites Gas bewirkten in $^1/_2$ Stunde eine Abnahme von 95—5,8 = 89,2 Volt.

Bei allen drei Quellen bestätigt es sich somit, daß das von der Kohlensäure befreite Gas wesentlich stärker radioaktiv ist als das kohlensäurehaltige. Zugleich ergab es sich, daß die Gase der drei Quellen verschieden stark radioaktiv sind. Am stärksten radioaktiv aber sind die Gase der Quelle, welche am wenigsten Kohlensäure und am meisten Stickstoff etc. enthält.

---

[1]) Hier ist der Raum, den das Elektroskop mit Zerstreuungskörper einnimmt, nicht berücksichtigt.

Merkwürdigerweise zeigen die von der Kohlensäure befreiten Gase der Adler- und Schützenhofquelle nahezu gleiches Zerstreuungsvermögen für negative Elektrizität, denn die Spannungsabnahme durch das betr. Gas beträgt in $^1/_2$ Stunde bei der Adlerquelle 89,5, bei der Schützenhofquelle 89,2 Volt (das analoge Gas des Kochbrunnens vermag aber in der gleichen Zeit 144,3 Volt zu zerstreuen).

Um nun zu sehen, ob der Stickstoff ähnlich wie die Kohlensäure die Aktivität gewissermaßen verdünnt, wurde eine größere Menge Kochbrunnengas zunächst von der Kohlensäure befreit. 40 ccm dieses Gases zerstreuten in $^1/_4$ Stunde 60,8 Volt. Nun wurde dies Gas durch zweistündiges Hin- und Herleiten über glühendem Magnesium-Kalkgemisch von der größten Menge des Stickstoffs befreit. Nun aber entluden 40 ccm dieses Gases das ganze Elekrometer, d. h. 185 Volt in 4 Minuten[1]).

Der Stickstoff ist somit in dem Gasgemisch ebenfalls ein mehr oder weniger indifferentes Element, denn die Radioaktivität steigert sich nach seiner Entfernung so stark, daß 185 Volt bereits in 4 Minuten entladen werden.

Es ward dadurch wahrscheinlich gemacht, daß der radioaktive Bestandteil der Thermalquellen selbst wieder ein Gas ist, und es lag nahe, hier eine ähnliche Emanation zu vermuten, wie sie in anderen Quellen von Himstedt u. a. sowie aus wässerigen Lösungen von Radiumbromid, freilich stets nur in sehr geringer Menge, erhalten wurde.

Für die Emanation des Radiumbromids ist es nun charakteristisch, daß sie einerseits allmählich abnimmt und in vier Tagen auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes herabsinkt, und daß sie sich andererseits allmählich in Helium verwandelt. In der Tat ergab es sich, daß das von der Kohlensäure befreite Gas des Kochbrunnens nach viertägigem Stehen nur noch ungefähr die halbe Anzahl Volt zu zerstreuen vermochte wie im Anfang.

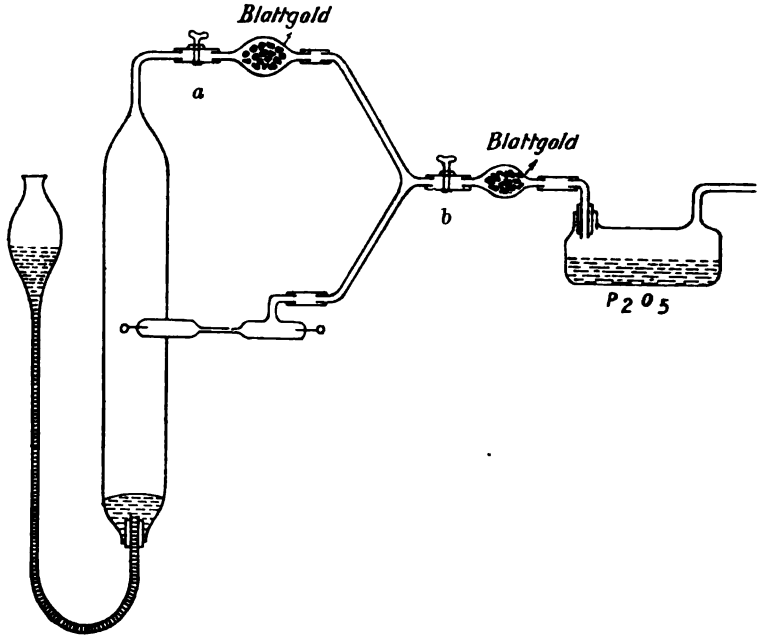
Ich versuchte deshalb den radioaktiven Bestandteil aus dem Gase zu isolieren, um ihn auch spektroskopisch untersuchen zu können. Aus dem von der Kohlensäure befreiten Gas mußte

[1]) Als Stickstoff aus der Luft ebensolange über glühendes Magnesium-Kalkgemisch geleitet wurde, bewirkten 40 ccm desselben nur den normalen Spannungsabfall der Zimmerluft.

dann zuerst der Stickstoff entfernt werden. Um dies möglichst vollständig zu bewirken, habe ich einen Apparat konstruiert, der das Gas automatisch über glühendes Magnesium-Kalkgemisch hin- und herbewegt. Er ist a. a. O. ausführlich von mir beschrieben worden[1]).

Hat man genug vom Stickstoff befreites Gas, so muß es noch etwa 15—20mal den l. c. beschriebenen Kreisprozeß über Kupferoxyd und glühendem Magnesium durchmachen, wobei man

Fig. 5.



durch recht allmähliches Zutropfen von Quecksilber das Gas möglichst langsam über das glühende Kupferoxyd streichen läßt. Schließlich treibt man alles Gas in das eine Reservoir, trennt dies von den anderen Teilen des Apparates ab und setzt nun in der aus Figur ersichtlichen Weise das Reservoir mit der Luftpumpe und einem Plückerschen Rohr in Verbindung.

Zunächst wurde evakuiert, während die Klemmschraube *a* geschlossen, *b* aber geöffnet war. Als das Vakuum des Kathoden-

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie Bd. 17, 1755 (1904).

lichtes aufzutreten begann, wurde *b* geschlossen und nun *a* vorsichtig geöffnet, wobei sich das Plückersche Rohr mit Gas füllte. Dann wurde *a* wieder geschlossen, *b* geöffnet, das Plückersche Rohr von neuem evakuiert, in der oben angegebenen Weise wieder mit Gas gefüllt und nochmals evakuiert.

Als nun das Vakuum auf 2—3 mm gekommen war, schmolz ich das Plückerrohr ab. Es zeigte ein Spektrum, das von einem analog aus Luft gewonnenen nicht zu unterscheiden war, in der Hauptsache also aus Argonbanden bestand. Auch nachdem das Rohr längere Zeit gelegen hatte, konnten Heliumlinien nicht entdeckt werden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Linien der Emanation und des Heliums von Argonbanden verdeckt werden. Jedenfalls muß es versucht werden, auch das Argon von dem radioaktiven Gas zu trennen, vielleicht gelingt dies mit flüssiger Luft.

Es ist aber auch möglich, daß hier ein radioaktives Gas vorliegt, das nicht mit der eigentlichen Radiumemanation identisch ist. Da die Wiesbadener Thermen fortwährend Gas ausströmen, so besitzt man in ihnen eine stetig laufende Quelle desselben, und ich will versuchen, seine Eigenschaften und Umwandlungen eingehend zu studieren.

Chemische Wirkungen (z. B. Bildung von Ozon aus Sauerstoff) konnten bisher noch nicht mit konzentriertem radioaktiven Gas beobachtet werden.

V. Das Wasser der Quellen.

Da das Wasser seine Eigenschaft, radioaktiv zu wirken, vermutlich demselben Bestandteil verdankt, den das Gas enthält, so müßte man ihn — da er gasförmiger Natur und gegen Hitze ungemein beständig ist — durch Auskochen aus dem Wasser entfernen können. Das gelingt in der Tat ziemlich vollständig, und ich hoffe diese einfache Methode zu noch größerer Vollkommenheit ausarbeiten zu können: In eine Kochflasche wurde soviel des zu untersuchenden Wassers gegeben, daß der Hals noch zu $^1/_3$ damit gefüllt war. Dann waren 530 ccm Wasser im Kolben. Er wurde durch einen doppelt durchbohrten Stopfen verschlossen. In der einen Durchbohrung saß ein kurzes gerades Glasrohr mit Gummischlauch und Quetschhahn, der während des Versuchs geschlossen war. Die andere

Durchbohrung trug ein gebogenes Glasrohr von 6 mm lichter Weite, das mit Gummischlauch und Quetschhahn dem Azotometer angeschlossen wurde. Letzteres war mit Wasser angefüllt und tauchte mit seinem unteren Teil in einen größeren Kühlbottich mit Wasser. Nachdem alles mit Ligaturen gesichert und der Quetschhahn zum Azotometer geöffnet war, wurde das Wasser in der Kochflasche erhitzt, während die Birne des Azotometers recht tief gestellt war. Wenn das Wasser zu kochen anfängt, wird die Flamme etwas kleiner gemacht und nun das Wasser 20 Minuten im Sieden erhalten. Dann wurde der Gummischlauch zwischen Azotometer und Kochkolben durch den Quetschhahn rasch verschlossen und gleichzeitig der Quetschhahn geöffnet, der am Schlauch des zweiten Rohres im Stopfen saß.

Zunächst wurde das zurückbleibende Wasser nach Himstedts Methode geprüft und gefunden, daß es zwar sehr wenig, aber doch noch merkliche Mengen von Radioaktivität enthält. Das aus dem Wasser ausgekochte Gas wurde dann getrocknet in den Elektrometerraum gebracht und mit 100 ccm Zimmerluft nachgespült. Es vermochte in 1 Stunde 31,5 Volt zu zerstreuen, wobei das Zerstreuungsvermögen der Zimmerluft bereits abgezogen ist.

Nun wurde bei dem Wasser der anderen Quellen analog verfahren und dieselbe Menge Wasser die gleiche Zeit ausgekocht. Es ergab sich

1. bei einem zweiten Versuch mit Kochbrunnenwasser, daß das ausgekochte Gas in 1 Stunde 32,1 Volt (gegen 31,5 Volt vorher) zu zerstreuen vermochte.

2. 530 ccm Wasser der Adlerquelle 20 Minuten lang ausgekocht und das Gas im Elektrometer geprüft, ergab einen Spannungsabfall von 14,8 Volt in 1 Stunde.

3. 530 ccm Wasser der Schützenhofquelle analog behandelt, lieferten einen Spannungsabfall von 107,9 Volt in $^3/_4$ Stunden.

4. Bei Faulbrunnenwasser wurde in 1 Stunde ein Zerstreuungsvermögen von 22,6 Volt gefunden.

Auffallend ist es, daß die Schützenhofquelle, die wesentlich weniger derselben Salze enthält wie die anderen Quellen, am stärksten radioaktiv ist. Man könnte diese Tatsache gegen eine

von E. Winter[1]) geäußerte Ansicht geltend machen, daß das Wasser der Schützenhofquelle durch Hinzutreten von Süßwasser zu dem Thermalwasser entsteht, denn bisher hörte man, daß die süßen Quellen zwar deutlich radioaktiv sind, aber nicht in sehr hohem Maße. Als Herr Professor A. Schmidt nun aber das Wasser der Süßwasserquellen in Wiesbaden untersuchte, fand er, daß es meist eine sehr bedeutende Radioaktivität besitzt, ein Resultat, das ich bestätigen konnte. Das Marienbrünnchen im Nerotal ist sogar stärker radioaktiv als der Kochbrunnen. Als 530 ccm seines Wassers 20 Minuten lang ausgekocht wurden, vermochte das dabei erhaltene Gas in 1 Stunde 86,3 Volt zu zerstreuen.

Die stärkere Radioaktivität der Schützenhofquelle spricht also nicht gegen die Ansicht von Winter.

In Wiesbaden und Umgebung scheint also viel Radioaktivität aus dem Boden zu entströmen. Es fragt sich nun, woher sie stammt. Der Basalt und die anderen die geologische Lage Wiesbadens bedingenden Gesteine erweisen sich als nicht merklich radioaktiv. Die Radioaktivität muß also entweder aus noch größerer Tiefe stammen oder sich auf dem Wege zur Oberfläche erst erzeugen. Nun setzen aber die Quellen Sinter ab, und in ihm finden wir die Radioaktivität wieder.

VI. Die Sinter und der Rückstand des Wassers.

— „circa margines vero pumicem faciunt aquae", „um die Ränder herum erzeugen die Quellen Bimsstein". Es ist natürlich kein Bimsstein, sondern ein kompliziert zusammengesetzter Sinter, den die Quellen absetzen. Hauptsächlich besteht er aus Eisenoxyd, dessen phosphorsauren, arsensauren und kieselsauren Salzen, sowie aus kohlensaurem Kalk und anderen Bestandteilen. Der kohlensaure Kalk ist, wie Herr Professor Lenk auf meine Bitte feststellte, als Arragonit im Sinter enthalten.

Diese Sinterbildung hat ihre Ursache besonders in zwei Prozessen. Sowie das Wasser mit Luft in Berührung kommt, wird es teilweise oxydiert. Das gelöste Eisenoxydulkarbonat wird oxydiert und scheidet sich als Eisenoxyd und dessen Salze ab. Indem dann weiter die Kohlensäure allmählich aus dem

[1]) Winter, l. c., S. 16.

Wasser entweicht, fällt kohlensaurer Kalk u. a. nieder. Da Oxydation und Verlust von Kohlensäure bereits im Quellenbassin beginnen vor sich zu gehen, so erfüllt sich letzteres im Laufe der Zeit mehr und mehr mit einem weichen rotbraunen, wenig bindenden Schlamm. Allmählich verfestigt sich dieser zu einer traubenförmigen Masse, die sich im Sprudelbecken absetzt.

Aus dem Quellenbassin fließt das Wasser durch Kanäle entweder in die Reservoirs der Badehäuser oder in Brunnen. Auf diesem Wege werden weitere Mengen Sinter abgeschieden. Die ganze Eigenart der Sinterbildung läßt sich hier sehr schön verfolgen. Da die Oxydation des Oxydulkarbonates von Eisen wesentlich rascher erfolgt als der Verlust von Kohlensäure, so scheiden sich die Eisenverbindungen in der Nähe der Quelle reichlicher ab als in der Ferne. Je weiter entfernt von der Quelle sich der Sinter absetzt, desto ärmer an Eisenoxyden ist er. Wenn der Kanal recht lang ist, gibt es Stellen, wo der Sinter nur noch sehr wenig durch Eisenoxyd gefärbt ist. In dieser Weise besorgt die Quelle gewissermaßen von selbst eine Fraktionierung der Sinterbestandteile.

In etwas anderer Art findet die Sinterbildung in den großen Reservoirs der Badehäuser statt. Hat das Wasser ein solches Reservoir angefüllt, so kommt es zur Ruhe. Die feinen suspendierten Eisenverbindungen setzen sich wieder und bilden eine Schicht auf dem Boden. An der Oberfläche aber entsteht infolge eines Verlustes an Kohlensäure eine graue Decke von Karbonaten, besonders des Calciums. Im Anfang ist sie so dünn und so zusammenhängend, daß sie, ohne zu zerreißen. kleinen Wellenbewegungen des Wassers folgen kann. Unter günstigen Bedingungen kann diese Haut zu einer Kruste von 1—2 cm Dicke werden. Dann treten auf ihr noch Efflores-zenzen von Kochsalz auf. Durch Ablassen und Zufließen von reinem Thermalwasser wird aber allmählich der Zusammenhang der Haut gestört, und sie fällt in größeren oder kleineren Bruchstücken auf die Schicht der Eisenverbindungen. Das Kochsalz löst sich wieder auf, und aus dem neu zufließenden Wasser fällt der Eisenoxydschlamm auf die Kalktafeln und bildet von neuem eine Schicht. Oben aber bildet sich eine neue Decke von kohlensaurem Kalk, die nach einiger Zeit wieder auf die Eisenoxydschicht fällt. So entsteht auf dem

Boden des Reservoirs ein Sinter, der abwechselnd aus dünnen Lagen von hellen und dunklen Platten besteht und im Bruch aussieht wie Achat.

In derselben Folge, wie oben angegeben, scheiden sich die Eisen- und Kalkverbindungen beim Eindampfen des Thermalwassers ab; zuletzt kristallisiert das Kochsalz in Würfeln aus.

Die Sinterbildung soll auch vom Standpunkt der Phasenlehre eingehend betrachtet werden.

Wie zu erwarten war, sind auch die Sinter radioaktiv, und sie bleiben es im Gegensatz zum Gas und Wasser auch längere Zeit. Eine Probe eines stark kalkhaltigen Sinters, der vor 14 Jahren aus dem Sprudelbassin des Kochbrunnens ausgebrochen worden war und seit der Zeit an einem trockenen Orte gelegen hatte, vermochte in 1 Stunde noch 8 Volt zu zerstreuen, nach Abzug der Zerstreuung der Zimmerluft in der gleichen Zeit. Vielleicht befinden sich im Sinter kleine Mengen einer festen radioaktiven Substanz (Radiumsalz?). Ich will deshalb große Mengen des Sinters auf die radioaktive Substanz hin verarbeiten lassen.

Interessant war es zu erfahren, ob der die Aktivität bedingende Bestandteil des Sinters mehr bei den Eisen- oder bei den Kalkverbindungen bleibt. Da sich erstere vorzugsweise in der Nähe des Sprudelbeckens, letztere weiter davon entfernt abscheiden, wurden Sinter geprüft, die zu gleicher Zeit in verschiedenen Entfernungen aus einem Kanal entnommen wurden. Der erste, unmittelbar am Abfluß der Quelle entnommene, zerstreute (in Menge von 125 g) in 1 Stunde 42,7 Volt; der zweite, 16 m vom Abfluß ausgehobene aber vermochte bei gleicher Menge 78,4 Volt zu zerstreuen.

Wie steht es nun mit den Bestandteilen, die im Wasser gelöst bleiben? Um sie zu prüfen, dampfte ich so viel Kochbrunnenwasser ab, daß ich 125 g festen Rückstand erhielt. Dieser entlud in 1 Stunde indessen nur 4,4 Volt, ist also wesentlich schwächer radioaktiv als der Sinter.

Damit sind die Hauptumrisse des Arbeitsgebietes gekennzeichnet. Ich beabsichtige nunmehr in besonderen Untersuchungen die einzelnen Fragen eingehend zu behandeln.

Noch sei beim Wasser auf eine andere Frage hingewiesen, die nunmehr in einem ganz neuen Lichte erscheint. Schon

Plinius berichtet in seiner historia naturalis lib. 31, cap. 2, sect 17: „Sunt et Mattiaci in Germania fontes calidi trans Rhenum, quorum haustus triduo fervet". Drei Tage bleibt freilich das Thermalwasser nicht warm, aber in älteren und neueren Werken kehrt immer die Behauptung wieder, das Wasser erkalte langsamer als eine künstliche Salzlösung gleicher Konzentration.

Als Kastner[1]) 1823 diese Erscheinung messend verfolgte, fand er, daß das Thermalwasser „unter übrigens genau gleichen Bedingungen bedeutend langsamer erkaltet als reines Wasser und als Salzwasser von demselben Eigengewichte". Dies Resultat wurde von Gmelin[2]) bestritten, indessen fand Thomae[3]) bei erneuten kalorimetrischen Messungen Kastners Resultat als richtig. Nach ihm gebraucht

$1^1/_2$ Maß Thermalwasser zur Abkühlung von 50° auf $^1/_2$° R. 2 St.
$1^1/_2$ „ Regenwasser „ „ „ „ „ „ $1^1/_4$ St.

Der Rückstand von $1^1/_2$ Maß Thermalwasser, in $1^1/_2$ Maß Regenwasser gelöst, auf 50° erwärmt und im Kalorimeter abgekühlt, gebrauchte, um von 50° auf $^1/_2$° R, abgekühlt zu werden, 1 Stunde und 40 Minuten.

Nun wissen wir einerseits, daß Radiumemanation sich unter abnorm hoher Wärmeentwickelung zersetzt, und andererseits, daß die Radioaktivität des Wiesbadener Thermalwassers sehr rasch abnimmt, wenn es ausgeschöpft ist, daß sich also die im Wasser enthaltene Emanation fortwährend umwandelt. Möglicherweise ist das langsamere Erkalten des Thermalwassers ganz oder z. T. auf die Wärmeentwickelung bei der Zersetzung der Emanation zurückzuführen.

Freilich muß diese Frage von neuem experimentell studiert und festgestellt werden, ob nicht vielleicht exothermische chemische Prozesse beim Erkalten des Wassers mitwirken.

Bei der Ausführung dieser Untersuchung wurde ich von den Herren Albert Glücksmann und stud. W. Kobbe in dankenswerter Weise unterstützt.

---

[1]) Rullmann, Wiesbaden und dessen Heilquellen. 1823.
[2]) Bemerkungen über Wiesbadens Heilquellen. 1825.
[3]) Medizinische Jahrbücher für das Herzogtum Nassau, 1843, S. 236

Die Arbeiten an den Quellen wurden wesentlich durch das Entgegenkommen des Magistrates und der Kurverwaltung von Wiesbaden gefördert. Ich möchte diesen Behörden, insbesondere Herrn Magistratsrat E. Winter und Herrn Kurdirektor v. Ebmayer auch an dieser Stelle für ihr Entgegenkommen verbindlichst danken.

Der Reinlichkeitszustand künstlicher und natürlicher Mineralwässer.

Aus dem hygienisch-bakteriologischen Institut der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 14. November 1904.

Von L. Heim.

Die Feststellung der Keimzahl in künstlichen und natürlichen Mineralwässern sowie in Limonaden ist schon mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, so durch Hochstetter, Dräer, Heinl, Morgenroth und v. Rigler. Sie haben Keimzahlen gefunden, die zwischen wenigen bis 75000 schwankten, einigemal sind auch unzählbare verzeichnet, so daß nicht zu ersehen ist, um wieviel die genannte Höchstzahl überschritten war. Weniger um die Ergebnisse der genannten Untersucher zu kontrollieren, als um selbst einen Einblick in die Verhältnisse zu erhalten, habe ich Herrn Gustav Schütz veranlaßt, sie an künstlichen Selterwässern aus Erlangen und andern deutschen Städten, Limonaden von hier und natürlichen Mineralwässern der verschiedensten Herkunft zu studieren. Herr Schütz hat Keimzählungen an 157 Proben angestellt und seine Ergebnisse in der kürzlich unter dem gleichen Titel erschienenen Dissertation niedergelegt. Im nachfolgenden will ich lediglich über die gewonnenen Endergebnisse berichten und daran die Erwägung knüpfen, ob der für die natürlichen Quellprodukte geforderte und gezahlte Preis bei dem bestehenden Reinlichkeitszustand ein entsprechender ist. Hier will ich nur hinzufügen, daß die Aussaaten in der Mehrzahl der Fälle auf einem neutral gestellten Nährboden gemacht wurden, der in der Modifikation des von Prall angegebenen aus 5% Gelatine, 0,75% Agar und 1% Pepton bestand. Hinsichtlich der Be-

gründung der Überlegenheit dieses Substrats anderen gegenüber, bezüglich der Zähltechnik und der Einzelresultate verweise ich auf die Dissertation.

25 Erlanger Selterwässer enthielten im Durchschnitt 31000 Bakterienkeime, die niedrigste Zahl war 49, die höchste 317500, 17 enthielten außerdem noch Schimmel, die meisten unter 50, eines aber 4520 (bei einer Bakterienzahl von 101900). In den 15 Limonaden fand sich ein Wenigstgehalt von 8, ein Höchstgehalt von 477500, ein Durchschnitt von 50000 Bakterien im ccm; Hefen waren recht häufig vorhanden, Schimmelpilze fehlten nur in 2 Proben, in den anderen schwankten sie zwischen 4 und 1180.

60 Selterwässer aus anderen Orten Deutschlands hatten im Durchschnitt rund 14000 Keime; die Höchstzahl war nahezu 200000, die niedrigste, nur einmal vorhandene 0.

Unter den Städten mit Wässern von niederem Keimgehalt fällt am vorteilhaftesten Leipzig auf: außer der keimfreien Probe sind noch zwei andere mit 40 und 80 Keimen aufgeführt; ähnlich wie die Leipziger verhielten sich 3 Wässer aus Danzig, etwas keimhaltiger, aber immer noch in geringerem Grade, waren 3 aus Kassel und 3 aus Bromberg.

Es ist trotz der geringen Probenzahl beachtenswert, daß die genannten vier Städte unter der Reihe derer zu finden sind, wo besondere behördliche Vorschriften über die bei der Herstellung zu verwendenden Wässer bestehen. Den Veröffentlichungen des KGA. zufolge ist nämlich in den nachstehenden Regierungsbezirken bezw. Provinzen im allgemeinen nur die Verwendung destillierten Wassers, die anderen Wassers nur mit besonderer Genehmigung erlaubt, nämlich in Königsberg, Bromberg, Posen, Danzig, Wiesbaden, Ostpreußen.

Im verwendeten Wasser ist allerdings nicht die einzige Quelle der Verunreinigung zu suchen, sehr viel liegt an der Reinhaltung des Betriebs, insbesondere der Mischgefäße und Flaschen. Die Mischgefäße müssen in Kassel laut Polizeiverordnung vom 30. September 1899 vor jeder neuen Füllung gründlich gespült werden. Schütz, der in einer Mineralwasserfabrik das Spülwasser untersuchte, fand in 1 ccm des ersten Durchlaufs 3162 Bakterien und 67 Schimmel, im zweiten 714 Bakterien und 3 Schimmel.

Was die Flaschenausspülung anbetrifft, so ist da gewiss noch vieles verbesserungsbedürftig. Ich will hier nur an die beim Flaschenbierhandel wiederholt beanstandete Möglichkeit erinnern, daß in Familien allerhand absichtlicher und unabsichtlicher Unfug vorkommt, und daß so manche Selterwasserflasche, die am Krankenbett verwendet worden war, ohne sachgemäße Reinigung oder Desinfektion wieder in Umlauf gesetzt wird. Schütz hat im Wasser des Bottichs, in dem die Flaschen eingeweicht wurden, 4 Millionen Keime im Kubikzentimeter gefunden und festgestellt, daß Flaschen, die nach dem Einweichen mit Leitungswasser gespült waren, an gefülltes steriles Wasser 83 Keime in den Kubikzentimeter abgaben. Er fordert eine mehr nach der senkrechten zustrebende Lage der rotierenden Bürste, eine tägliche Auskochung derselben in heißer Sodalösung und unverzügliche Füllung oder rasche Trocknung der leeren Flaschen. Das in 9 frisch gereinigte Gefäße in seiner Gegenwart eingefüllte Selterwasser enthielt im Anfang und nach 1 Woche zwischen 100 und 200, nach 4 Wochen bei manchen Proben sogar unter 100 Keime (im Erlanger Leitungswasser, das zur Herstellung diente, sind etwa 100 Keime nachzuweisen, wenn man auf den eingangs erwähnten Nährboden aussät; nebenbei bemerkt, gingen auf gewöhnlicher Gelatine in einem Kontrollversuch bloß 10 Keime auf).

Die ursprünglich hineingelangten Keime können demnach mit der Zeit abnehmen. Die meisten werden wohl durch die Kohlensäure und insbesondere durch den gleichzeitig herrschenden Druck geschädigt. Vermindert man aber den Druck durch vorübergehende Öffnung des Flaschenverschlusses (behufs Probeentnahme), so erfolgt oft eine Zunahme der Keime. Die Wasserbakterien verhielten sich darin nicht gleich. Kolibakterien können sich im Selterwasser nicht lange halten. In fertigem Selterwasser, dem etwas Fäzes zugesetzt worden waren, konnten die Kolikeime zwar unmittelbar nach der Einsaat wieder gefunden werden, bei der zweiten Entnahme nach 10 Tagen aber auch mit dem Anreicherungsverfahren nicht mehr. In Kohlensäureatmosphäre ohne vermehrten Druck gingen Kolibakterien in Bouillon nicht zu grunde, wenn auch die Entwickelung schwächer war als im Kontrollröhrchen.

Die natürlichen Mineralwässer, von denen 57 Flaschen

der verschiedensten Tafel- und Kurgetränke untersucht wurden, enthielten im Durchschnitt 35000 Keime, also über doppelt soviel wie die künstlichen Selterwässer. Auch hier war ein Wasser bakterienfrei, es enthielt aber dafür mehrere Schimmelpilzkolonien. Die höchste Zahl von nahezu $^1/_2$ Million Bakterien wies eine schon äußerlich als minderwertig erkennbare Füllung von Karlsbader Mühlbrunnen auf; der Inhalt roch faulig. Von den Tafelwässern interessiert wohl Niederselters besonders; es fand sich einmal ein besonders hoher Keimgehalt von über 100000. Der Krug war nicht ganz voll und enthielt Strohreste. Außerdem ist zu bemerken, daß bei sämtlichen Wässern Bact. fluorescens liquefaciens nur selten zu vermissen war.

Die Bakterienarmut bezw. -freiheit der 4 Levicoproben ist vielleicht auf eine allerdings nicht weiter untersuchte bakterienwidrige Eigenschaft des Wassers zurückzuführen. Die Schimmelpilzzahl war nicht unerheblich. Fast die Hälfte der sämtlichen Wässer hatte eine Bakterienkeimzahl von über 10000. Da das Quellwasser selbst keimfrei sein muß, so kann die Verschmutzung bloß entweder von der Quellfassung oder von mangelhafter Reinlichkeit bei der Füllung oder von unreinen Flaschen oder Verschlüssen herrühren. Denn wenn man von den Wässern absieht, die einen künstlichen Zusatz von Kohlensäure erhalten oder vorher enteisenet werden müssen, kommen wohl andere Gelegenheiten nicht in Betracht. In weitaus den meisten Fällen wird die hohe Keimzahl auf unreine Füllung, Flaschen und Stopfen zurückzuführen sein. Dreimal sind in den Wässern Strohreste aufgefunden worden, zweimal bei Niederselters, einmal bei Rakoczy. Daß Krüge mit ihrer rauhen Innenseite schwieriger rein zu machen sind als Glasflaschen, liegt auf der Hand.

Wenn durch Polizeiverordnung in München-Gladbach vom 29. Mai 1903 für den Flaschenbierhandel im Interesse der größeren Reinlichkeit Korkstopfen statt der Patentverschlüsse vorgeschrieben wurden, so kann ich mich des Zweifels an dem Vorteil nicht erwehren. Für wesentlich besser erachte ich die seit einiger Zeit eingeführten Korkscheiben mit Metallkranz, der aufgepreßt wird.

Was nun den Preis betrifft, der für die natürlichen Wässer verlangt und bezahlt wird, so steht dieser m. E. in keinem

richtigen Verhältnis zur Ware bei der geringen Mühewaltung für die Sauberkeit. 1 Krug Niederselters kostet im Kleinhandel mindestens 33 Pfg., von den noch höheren Apotheken- und Gasthofpreisen nicht zu reden, $^1/_2$ Krug 26 Pfg.; 1 Krug Apollinaris 38, 1 Flasche 31 Pfg., die Hälfte 31 bezw. 26 Pfg., es wird also der halbe Liter mehr zu 7 Pfg. bei Selters, zu 5 Pfg. bei Apollinaris berechnet, was vielleicht durch das entsprechend größere Gefäß bedingt ist, denn $^1/_2$ Liter des Wassers kann doch bei Niederselters gar nichts, bei Apollinaris nur den Aufwand für Enteisenung und Kohlensäurezuführung kosten. Es muß somit so ziemlich der ganze Preis bezahlt werden für die Instandhaltung des Brunnens, die Reinigung, Füllung, Verkorkung und für die sonstige Arbeit des Personals, endlich für die Fracht und für den Kleinverkäufer. Es wird niemand bestreiten, daß bei Flaschenbier die Arbeit und die Spesen ganz dieselben sind, abgesehen von Fracht, was aber durch den Wert des Inhalts reichlich aufgewogen wird. Man vergleiche nun damit den Preis, der für Tafel- oder gar für Mineralwässer zu Kurzwecken gezahlt wird, für die in Anbetracht der leichten Gewinnung und der Veränderung, die das Wasser nach der Abfüllung erleidet, ein horrender Betrag gefordert wird.

Diese Pfennigausrechnung mag auf den ersten Blick kleinlich erscheinen. An diesen Verhältnissen hängt in der Tat ein Stück Volksgesundheit. Wie unerschwinglich muß einem wenig bemittelten Kranken der längere Gebrauch eines Mineralwassers erscheinen! Und wie vorteilhaft wäre es, wenn in Wirtschaften ein gut gehaltenes natürliches Tafelwasser zu einem Preis geliefert würde, der dem des Bieres gleichkäme oder ihn noch nicht erreichte! Im Interesse der Einschränkung des Alkoholgenusses ist es sehr zu beklagen, daß die Brunnenverwaltungen den Gastwirt zwingen, abnorme Preise zu verlangen. Wenn ein Fabrikant ein gutes, reinlich zubereitetes künstliches Selterswasser um 6 Pfg. abgeben kann (an die Wirte noch billiger), so muß das die Verwaltung einer Quelle zu noch billigerem Preise tun können, wenn sie gar keinen Zusatz zu machen hat, oder, wenn z. B. enteisenet und Kohlensäure zugegeben werden muß, zu demselben Preise.

Wenn dem Volke die Quellen, von denen jahraus jahrein

eine ungemessene Menge Wasser ungenutzt fortläuft, durch Stellung eines kleineren Preises bei gleichzeitiger Wahrung größerer Reinlichkeit zugänglicher gemacht würden, so müßte zweifellos der Alkoholgenuß dadurch eine entsprechende Einschränkung erfahren, es würde ein gut Stück Nationalvermögen gespart, und die Brunnenverwaltungen gewännen dabei durch Ausdehnung ihres Absatzes, was sie an der einzelnen Flasche weniger verdienten.

Experimentelle Untersuchungen über die Totenstarre.

Von R. F. Fuchs.

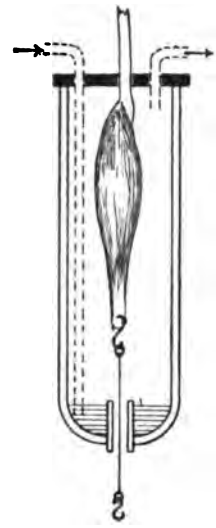
Aus dem physiologischen Institut der Universität Erlangen.

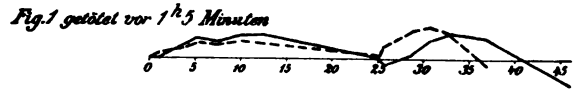
Vorgetragen in der Sitzung vom 25. Juli 1904.

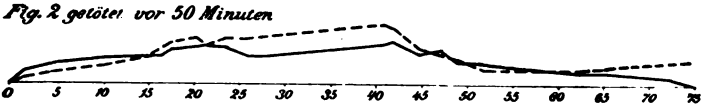
Von einigen Forschern, namentlich Hermann und seinen Schülern ist die Verkürzung des Muskels in der Totenstarre als ein dem vitalen Kontraktionsvorgang analoger Vorgang aufgefaßt worden, obwohl es andererseits an Angaben nicht gefehlt hat (Gad und Heymans, Schenck), die eine solche Analogisierung für unzutreffend erklären. Mir scheint, daß zur Entscheidung dieser Frage vor allem die Totenstarre noch viel zu wenig erforscht ist, da man sich nur auf die Untersuchung der Muskelverkürzung in der Totenstarre zumeist beschränkt hat. Um zu einer besseren Kenntnis der Totenstarre zu gelangen, müssen vergleichende Untersuchungen über die Verkürzung, Spannungsentwicklung, Wärmeproduktion des erstarrenden Muskels angestellt werden, denen sich eine chemische und physikalisch-chemische Analyse der Gerinnungsvorgänge anschließen muß. Ferner müssen die verschiedenen Starrezustände (Wasser-, Giftstarre) von den gleichen Gesichtspunkten aus untersucht werden.

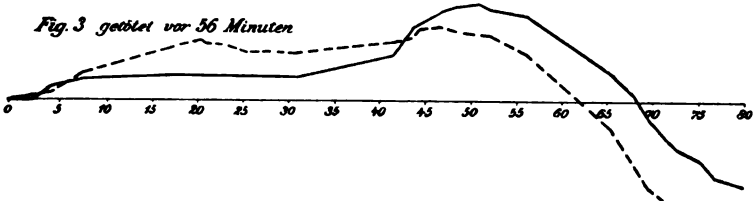
Von diesen Gesichtspunkten aus habe ich meine vergleichenden Untersuchungen über die Muskelstarre in Angriff genommen. Zuerst war es nötig, eine genaue Verkürzungskurve des isolierten totenstarren Muskels zu verzeichnen, da solche Kurven bisher nur von Nagel aufgenommen worden sind. Meine Methode war in kurzem folgende: In einen kleinen Glaszylinder (siehe die Figur auf der folgenden Seite), dessen Boden von einem kurzen engen Glasröhrchen durchsetzt ist, wird der Muskel eingeschlossen. Am Boden des Zylinders

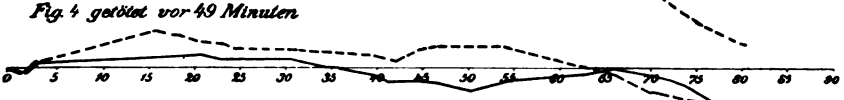
befindet sich physiologische Kochsalzlösung, welche durch ihren Dampf den Muskel vor der Austrocknung bewahrt. Oben ist der Zylinder durch einen mit Vaselin abgedichteten Deckel verschlossen. Durch das kleine Glasröhrchen am Boden steht der Muskel mit dem isotonischen Hebel eines Myographions in Verbindung. Die Bewegungen des Schreibhebels werden in verschiedenen Intervallen auf einer berußten Trommel markiert. Da der Schreibhebel nur während des Augenblickes der Markierung an der Schreibfläche anliegt und dann sofort wieder von ihr entfernt wird, so hat der Muskel bei seiner Verkürzung keinerlei Reibung als die des Axenlagers des Myographionhebels zu überwinden, die aber außerordentlich gering ist. Auf diese Weise erhält man eine Reihe von parallelen











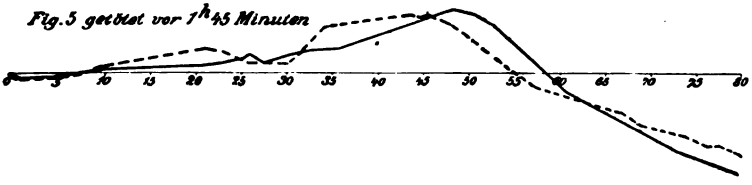


Fig.6 getötet vor 40 Minuten

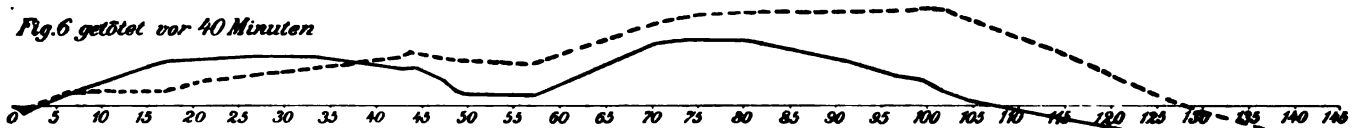


Fig.7 getötet vor 28 Minuten

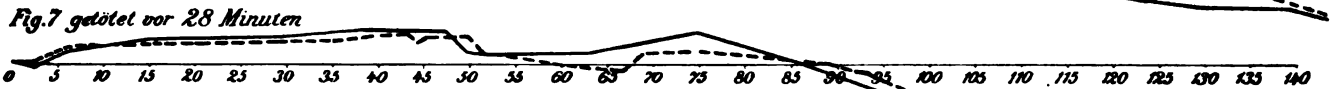


Fig.11 getötet vor 35 Minuten

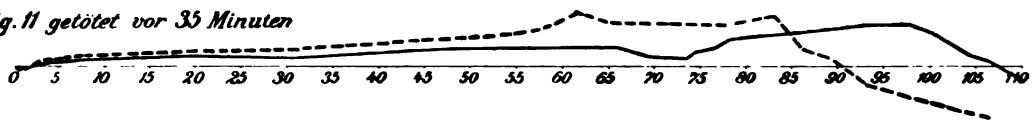


Fig.9 getötet vor 29 Minuten

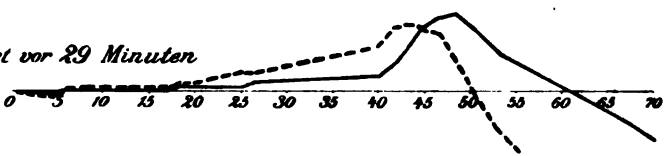
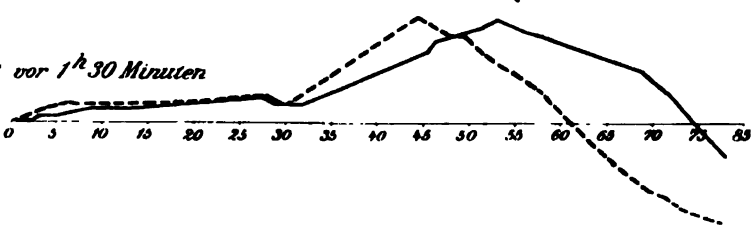
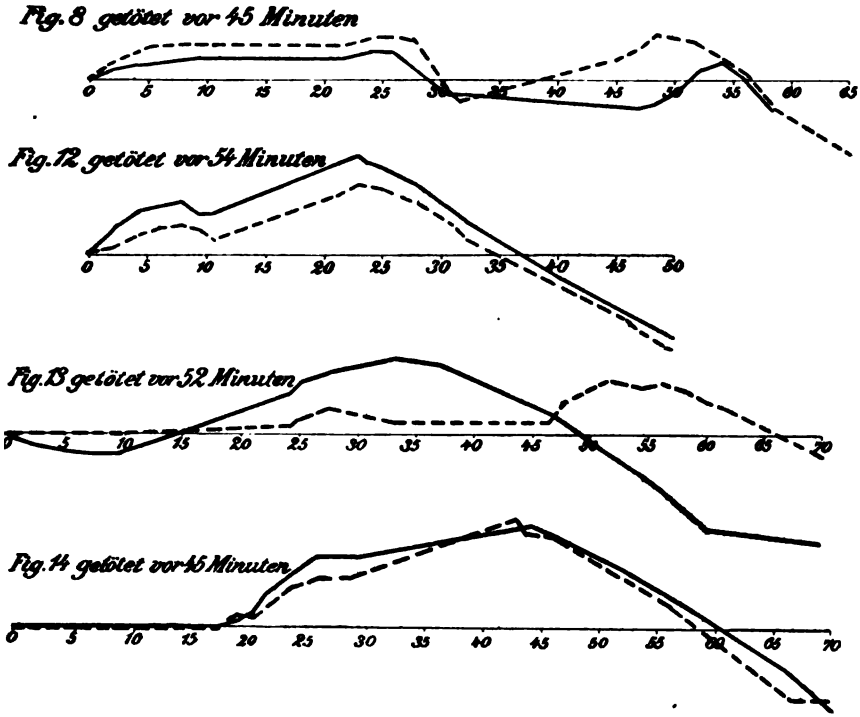


Fig.10 getötet vor 1h 30 Minuten





Linien, deren jede mit einer Nummer versehen wird. In einem Protokoll wird die zu jeder Nummer gehörige Zeit und Temperatur des Versuchsraumes vermerkt und aus diesen Daten dann die zugehörige Verkürzungskurve konstruiert.

Die so erhaltenen Kurven erweisen sich immer als mehrgipflige, die durch verschieden tiefe Einsenkungen voneinander getrennt sind. Zumeist sind zwei deutliche Gipfel vorhanden (siehe Fig. 1, 2) [1]), an Stelle des ersten kann auch ein ausgesprochenes Plateau auftreten (Fig. 6, 7, 8, 10). Im Anfange der Kurven kommen häufig Senkungen vor (Fig. 5, 6, 7, 11, 13), die ich als durch allmähliche Tonusverminderung entstanden auffasse. Es ist demnach die zweiteilige Kurve als Regel anzusehen, sie fehlt nicht bei den Muskeln von Rana esculenta. Nagel nahm an, daß die Zweigipfligkeit der Kurven von dem Gehalt der Muskeln an roten und weißen Fasern herrühren

[1]) Die Klischees hat die Verlagsbuchhandlung von G. Fischer in Jena bereitwilligst überlassen, wofür ihr auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

sollte, da Bierfreund gezeigt hat, daß die weißen Muskelfasern eher totenstarr werden als die roten. Diese Erklärung erscheint aber aus mehrfachen Gründen nicht genügend bewiesen, es sind andere Erklärungsmöglichkeiten ebenso zulässig wie die von Nagel gegebene. Vor allem könnten die beiden Gipfel der Kurven dadurch zustande kommen, daß bei der Totenstarre eine Gerinnung zweier verschiedener Eiweißkörper des Muskelinhaltes zu verschiedener Zeit stattfindet. Andererseits wäre es aber auch möglich, daß ein Eiweißkörper in zwei zeitlich getrennten Stufen gerinnt. Diese letztere Deutung gewinnt durch die physikalisch-chemischen Untersuchungen über die Ausflockungserscheinungen an Kolloiden sehr an Wahrscheinlichkeit. Der Muskelinhalt ist im frischen Zustande als ein Sol aufzufassen, das aus seiner Lösung durch die Bildung einer Säure, in unserem Falle Fleischmilchsäure, in das Gel übergeführt wird. Das Gel kann nun je nach der einwirkenden Säurekonzentration ein reversibles oder irreversibles sein. Mit einer solchen Auffassung würden wir zu einem Verständnis der beiden Gipfel gelangen. Der erste Abschnitt der Kurve entspräche dann der Ausflockung eines reversiblen Gels, das wieder in den Solzustand zurückgeht, wenn die Säurewirkung aufhört. Das ist um so leichter möglich, als die anfänglich geringen Fleischmilchsäuremengen leicht weiter oxydiert werden können. Treten dagegen größere Säuremengen wie im späteren Stadium der Starre auf, dann ist das ausgeflockte Gel ein irreversibles, das durch weitere Prozesse, vielleicht autolytischer Natur, in einen anderen Körper übergeht, wodurch die Lösung der Totenstarre herbeigeführt wird.

Mit dieser Vorstellung würden wenigstens die Angaben von Brown-Séquard übereinstimmen, wonach die Totenstarre im Anfange durch Sauerstoffzufuhr gelöst werden kann und der Muskel dann seine normale Erregbarkeit wieder erhält. Auf Grund eigener Versuche kann ich angeben, daß die Muskeln im ersten Stadium der Starre noch elektrisch reizbar sind. Erfolgt dagegen die Sauerstoffzufuhr erst in der irreversiblen Phase der Totenstarre, dann kann durch Sauerstoffzufuhr die normale Erregbarkeit nicht mehr zurückkehren, die wahrscheinlich mit dem normalen Solzustand des Protoplasmas innig verknüpft ist. So erklärt es sich vielleicht, warum eine Reihe von

Autoren nach Sauerstoffzufuhr kein Zurückkehren der normalen Erregbarkeit am totenstarren Muskel beobachten konnten. Die Dauer und Form der Totenstarreverkürzung wechselt nach vielfachen noch unbekannten Ursachen.

In einer Versuchsreihe wurde der Einfluß des Nervensystemes auf den Verlauf der Totenstarre untersucht. Zunächst wurde der Einfluß der Nervenausschaltung durch Kurare geprüft, wobei sich zeigte, daß die kurarisierten Muskeln (Fig. 3, 4, 5, Kurven mit ausgezogenen Linien) die Maxima der Starreverkürzung später erreichen als die nicht vergifteten. Ein eigentlich späterer Beginn der Erstarrung konnte nicht nachgewiesen werden, es handelt sich vielmehr nur um einen außerordentlich langsamen Anstieg in der ersten Zeit der Starre beim kurarisierten Muskel. Diese Versuchsergebnisse dürfen aber nicht ohne weiteres als durch die Ausschaltung des Nervensystemes bedingte angesehen werden, weil der nicht vergiftete Muskel durch die Unterbindung der zuführenden Blutgefäße einer sehr bedeutenden Zirkulationsstörung ausgesetzt ist. Eigens angestellte Versuche haben nun ergeben, daß die Sistierung des Blutumlaufes im Muskel eine sehr deutliche Beschleunigung des Starreverlaufes herbeiführt (Fig. 1, 2, 6—10, gestrichelte Kurven), welche sich nicht auf einen früheren Beginn als vielmehr auf einen steileren Anstieg der Erstarrungskurve bezieht.

Endlich habe ich an Kaninchen den Einfluß von Rückenmarksverletzungen und der Durchschneidung der hinteren Wurzeln auf den zeitlichen Verlauf der Totenstarre untersucht. Nach beiden Eingriffen war in der Mehrzahl der Fälle ein früheres Eintreten und Verschwinden der Starre auf der verletzten Seite zu finden, woraus ich schließe, daß eine Verletzung des Zentralnervensystemes den Ablauf der Starre deshalb begünstige, weil die verletzte Stelle rascher abstirbt als eine unverletzte. Bei diesen Untersuchungen konnte ich neuerdings konstatieren, daß das Herz der erste Muskel ist, welcher der Totenstarre anheimfällt, und daß gleichzeitig mit ihm zirka 45 Minuten nach dem Tode auch die Kaumuskulatur starr wird. Die Reihenfolge des zeitlichen Eintrittes der Totenstarre entspricht bei Kaninchen vollkommen der Nystenschen

Reihe, trotzdem von Bierfreund und Ewald gegenteilige Beobachtungen veröffentlicht worden sind.

Es muß besonders auffällig erscheinen, daß alle frühzeitig erstarrenden Muskel von Gehirnnerven innerviert werden, während die später erstarrenden eine spinale Innervation besitzen. Diese Tatsache scheint für das Zustandekommen der Nystenschen Reihe von Bedeutung zu sein, weil man auf Grund verschiedener experimenteller Erfahrungen anzunehmen berechtigt ist, daß das Gehirn zuerst abstirbt und im Rückenmark das Absterben vom proximalen zum kaudalen Ende fortschreitet. Demnach wäre die Nystensche Reihe als eine Folge der Absterbevorgänge des Zentralnervensystemes anzusehen. Diese Erklärung widerspricht keiner bekannten Beobachtungstatsache, sie widerlegt allerdings auch nicht die Anschauungen Bierfreunds, wonach die Nystensche Reihe auf den Gehalt der Muskeln an roten und weißen Fasern zu beziehen wäre, ebensowenig die Ansicht Ewalds, der die Nystensche Reihe mit der Stärke des Labyrinthtonus der einzelnen Muskeln in Zusammenhang bringt. Alle drei Theorien ergänzen sich vielmehr sehr gut zu einer. Die Ausbildung der roten und weißen Fasern scheint eine funktionelle Anpassung an den Gebrauch zu sein, und zwar stellen die weißen Fasern eine höhere Differenzierungsstufe infolge gesteigerter Tätigkeit dar. — Die ausführliche Mitteilung ist in der Zeitschrift für allgemeine Physiologie, Bd. IV (1904) erschienen.

Prüfung der Nierenfunktion nach Nephrektomie.

Von Theodor Schilling.

Aus dem Laboratorium der medizinischen Klinik der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 25. Juli 1904.

Das nach einseitiger Nierenentfernung zurückbleibende Einzelorgan vermag sofort alle Abfallstoffe des Körpers zu entfernen, scheint jedoch dauernd den verstärkten Anforderungen nicht gewachsen zu sein. Pathologisch-anatomische Forschungen zeigten, daß das Organ hypertrophiere und so dauernder Mehrarbeit gerecht werde.

Es war nun zu hoffen, neue Einblicke in die Nierentätigkeit zu gewinnen, wenn man, bevor die pathologisch-anatomisch gekennzeichnete Hypertrophie zu ihrem Abschluß gelangte, mit außergewöhnlichen Anforderungen an die Einzelniere herantrat, und zweitens war es von Interesse zu sehen, ob nach völliger Ausbildung der Hypertrophie diese, erhöhten Anforderungen gegenüber bestehende, Schwäche wieder schwinde.

Im Laufe der Untersuchungen ergaben sich folgende Fragestellungen, die sich meist aus analogen Fragen bei den modernen Funktionsprüfungen kranker Nieren, die sich in den letzten Jahren herausgebildet haben, ableiteten:

1. Wie kann die Einzelniere konzentrieren?
2. Wie kann sie verdünnen?
3. Wie reagiert sie auf die übrigen Methoden der Nierenfunktionsprüfung?
4. Schließlich wurde noch die Wirkung des Koffeïns untersucht.

Ein ausführlicher Bericht über den Gang der Untersuchungen und die Resultate ist im Archiv für experimentelle

Pathologie und Pharmakologie Band LII, S. 140 mitgeteilt. Im ganzen wurden 54 Kaninchen einseitig nephrektomiert und an ihnen etwa 130 Versuche und fortlaufende Harnuntersuchungen angestellt.

Zunächst hebe ich hervor, daß bei den Versuchen, wo die Kaninchen Koffeïn in die Ohrvene injiziert erhielten, es sich ergab, daß, gleiche Nahrung vorausgesetzt, Tiere mit zwei Nieren starke Urinmengen mit niedrigem Zuckergehalt, solche mit einer Niere geringere Urinmengen mit stärkerem prozentualem Zuckergehalt lieferten, was dafür spricht, daß der Angriffspunkt der diuretischen Wirkung des Koffeïns die Nierenzellen sind, während die Glykosurie extrarenalen Ursprungs ist.

Die Versuche bestätigen somit erstens die Resultate Jener, welche annehmen, daß es sich beim Koffeïndiabetes kohlenhydratgemästeter Kaninchen nicht um einen Nierendiabetes handle, zweitens scheinen sie mit großer Bestimmtheit die bisher in verschiedenem Sinne beantwortete Frage nach dem Zusammenhang zwischen Polyurie und Glykosurie zu lösen: es besteht kein Abhängigkeitsverhältnis zwischen beiden; denn während die Höhe der Harnflut direkt von der Masse des vorhandenen Nierenparenchyms abhängt, ist die ausgeschiedene Zuckermenge unabhängig sowohl von der Wassermenge wie von der Zahl der vorhandenen Nieren.

Die Untersuchungen mit Phlorhizin ergaben dagegen Resultate, die in folgenden Sätzen zusammengefaßt werden können:

1. Der Phlorhizindiabetes ist renaler Natur.

2. Die Zuckerproduktion ist abhängig von der Art der Applikation (die subkutane ist der Einverleibung per os vorzuziehen) und vom Vorhandensein gewisser Kohlenhydratmengen.

3. Das Phlorhizin erscheint bald nach der Einverleibung im Harn wieder.

4. Bei ausgebildeter Hypertrophie scheint die Einzelniere mehr Zucker produzieren zu können wie sofort nach der Nephrektomie.

Gab man Kaninchen mit der Magensonde eine gewisse Menge Brunnenwasser ein und katheterisierte sie dann stündlich, so ergab sich, wenn man die Gefrierwerte notierte, eine Kurve, die

zeigte, wie die anfängliche molekulare Konzentration des Harns nach einer gewissen Zeit wieder erreicht wurde, nachdem das eingegossene Wasser entfernt war. Tiere mit einer Niere kehrten dagegen später zur normalen Konzentration zurück.

Wenn schon diese Versuche den Gedanken nahelegten, daß nicht sowohl der Wegfall der zweiten Niere, als vielmehr der Wegfall von wasserrückresorbierendem Parenchym Ursache zu dieser Veränderung der Ausscheidung darstelle, so scheinen dies, wie wir sehen werden, die jetzt zu besprechenden Versuche mit ziemlicher Sicherheit zu beweisen.

Die Untersuchungen mit konzentrierten per os gegebenen Kochsalzlösungen ergaben uns ein Resultat, das durch die Indigokarminversuche weiter gestützt wird: Die Einzelniere ist in den ersten Wochen nach der Nephrektomie unfähig, so konzentrierte Salzlösungen auszuscheiden, wie es zwei Nieren vorher vermochten, und daneben das weitere, hier nicht näher zu beleuchtende Ergebnis, daß die Einzelniere es später wieder lernt, auch verstärkten Anforderungen gerecht zu werden.

Man wird sich nun dabei den Vorgang in folgender Weise denken müssen:

Die Glomeruli und die abscheidenden Teile der Niere überhaupt sind beim einnierigen wie beim normalen Tier imstande, eine vielleicht $^1/_2$ %ige Salzlösung in die Harnkanälchen zu entleeren. Es ist nicht einzusehen, warum sich dieses bei Tieren mit einer Niere anders verhalten sollte.

Verschieden sahen wir allerdings das Produkt der Nierenarbeit, den fertigen Harn, der konzentriert beim normalen Tier, dünner beim operierten ist. Man kann sich dies wohl nur dadurch erklären, daß beim einnierigen Tier die Hälfte der wasserrückresorbierenden Flächen fehlt, die das Vehikel stets wieder dem Körper zurückgeben.

Unterzieht man Kaninchen Kochsalzversuchen mit gleichzeitiger Entziehung der Wasserzufuhr, so wird man sich vorstellen müssen, daß die Kaninchen, um das Salz auszuschwemmen, ihr überschüssiges Körperwasser, das in den Muskeln, den „Wasserdepots“, sich findet, benützen. Würden nun diese Reservoirs unbegrenzte Wassermengen bergen, so würden die Tiere mit einer Niere das Salz so rasch ent-

fernen wie zweinierige; sie tun es ja auch, wenn wir ihnen Wasser in genügender Menge vorsetzen. Es scheint jedoch nicht ausreichend Wasser zur Verfügung zu stehen; denn wir sehen, daß sie nicht nur die Fähigkeit einzuengen verloren hatten, sondern daß sie auch länger zur Ausscheidung des Salzes brauchen.

Eine Erklärung für den Zusammenhang zu geben, der zwischen dieser Wasserarmut des Tierkörpers und der verschleppten Ausscheidung besteht, ist nur durch die Annahme möglich, daß die Wasserarmut etwa die Salzaufnahme aus den Geweben (in denen das Salz so lange aufgespeichert wird, bis die Ausschwemmung erfolgt) in die Blutbahn hemmt und dadurch die Entfernung des Salzes aus dem Körper solange verzögert, bis wieder Wasser von außen dem Organismus zugeführt wird.

Da es uns unmöglich erscheint, unseren Befund mit der Annahme einer Sekretion ohne nachherige Einengung, wie es die Theorie von Bowman-Heidenhain will, in Einklang zu bringen, glauben wir uns berechtigt, unsere Befunde als eine neue Stütze der Ludwigschen Theorie, soweit sie Wasserrückresorption annimmt, betrachten zu dürfen. Sie stellen sich demnach in eine Linie mit den bekannten, neuerdings gestützten Versuchen Ribberts, der aus der nach Nierenmarkexzision eintretenden Harnflut schloß, daß in der Marksubstanz Rückresorption von Wasser stattfinde, ferner mit den Beobachtungen über die Wirkung der Ureterenkompression auf die Harnbildung.

Das von uns beigebrachte neue Argument für die Rückresorption von Wasser in der Niere scheint uns besonders deswegen bemerkenswert, weil es auf anderer Versuchsanordnung als alle anderen bisher in dieser Richtung geführten Beweise beruht.

Zusammenfassung.

Kurz zusammengefaßt lauten die Ergebnisse der Untersuchungen:

1. Einseitig nephrektomierte Tiere scheiden konzentrierte, per os gegebene Chlornatriumlösungen ebenso rasch wie normale Tiere aus, wenn man ihnen die Wasserzufuhr nicht beschränkt.

2. Geschieht letzteres, so scheiden sie das Salz weniger konzentriert aus wie normale Tiere und brauchen längere Zeit

zur Ausscheidung. Die Tatsache, daß sie nicht stärker konzentrieren können, spricht mit großer Wahrscheinlichkeit dafür, daß in der Niere Rückresorption von Wasser stattfindet.

3. Wenn die kompensatorische Hypertrophie abgeschlossen ist, hat es die Einzelniere gelernt, auch erhöhten Anforderungen gerecht zu werden: sie eliminiert das Kochsalz im gleichen Typus, wie es vorher die zwei Nieren taten.

4. Bei den „Urinverdünnungsversuchen“ mit Einführung von Brunnenwasser in den Magen brauchen Tiere mit einer Niere länger dazu, wieder normal konzentrierten Urin zu sezernieren.

5. Die Einzelniere ist nicht fähig, große intravenös eingeführte isotonische Kochsalzlösungen so rasch zu entfernen, wie zwei Nieren.

6. Indigokarminlösungen werden ebenfalls nicht so konzentriert wie von normalen Tieren ausgeschieden.

7. Tiere mit einer Niere produzieren viel weniger Zucker auf Phlorhizininjektion wie Tiere mit zwei Nieren; die Versuche bilden somit eine neue Stütze der Anschauung, daß beim Phlorhizindiabetes die Niere die Bildungsstätte des Zuckers sei.

8. Auch hier scheint ein „Erlernen“ der Zuckerproduktion bei fortschreitender Hypertrophie stattzufinden.

9. Beim Koffeïndiabetes besteht kein Zusammenhang zwischen Polyurie und Glykosurie. Die Diurese entsteht durch Einwirkung des Koffeïns auf die Nierenzellen; der Angriffsort für die Zuckerausschwemmung liegt außerhalb der Niere.

10. Nach der Nephrektomie tritt in einer Reihe von Fällen erhebliche Harnflut ohne vorherige Verminderung auf.

Der Stilplan des männlichen Genitalapparates der Hexapoden.

Von Enoch Zander.

Aus dem zoologischen Institut der Universität Erlangen.

Im folgenden berichte ich kurz über die Resultate mehr als fünfjähriger Studien, durch die ich eine Lösung der Frage anstrebte, ob die im entwickelten Zustande außerordentlich different erscheinenden Kopulationsapparate männlicher Insekten einen einheitlichen Plan des morphogenetischen Aufbaues erkennen lassen oder nicht. Da das Studium sämtlicher Insektengruppen die Kraft eines einzelnen Beobachters übersteigt, habe ich mich von vornherein auf einige möglichst differente Typen beschränkt und hauptsächlich die männlichen Genitalanhänge der Hymenopteren, Trichopteren und Lepidopteren untersucht.

Wenn wir unbeirrt durch die wunderbare Formenmannigfaltigkeit seiner Komponenten unser Augenmerk auf den allgemeinen Bauplan des männlichen Geschlechtsapparates der Hymenopteren, Trichopteren und Lepidopteren richten, so unterliegt es keinem Zweifel, daß wir in den drei genannten Insektengruppen funktionell gleichwertige Teile des Kopulationsorganes finden, die, soweit die geradezu verwirrende Nomenklatur und Formbeschreibung anderer Autoren eine Vergleichung zuläßt, auch bei den übrigen Hexapoden den Kopulationsapparat zu bilden scheinen. In einer mehr oder weniger tiefen Tasche ruht ein der Übertragung des Spermas dienender Penis, der lateral von kräftigen Zangen, den Valvae, zum Festhalten des Weibchens flankiert wird.

Achten wir dagegen weniger auf die Funktion als vielmehr auf die morphologische Bedeutung der einzelnen Teile des Geschlechtsapparates, so erscheint es zweifelhaft, ob man die

analog funktionierenden Abschnitte in den verschiedenen Insektengruppen homologisieren darf. Schon die topographischen Beziehungen des Penis zu den Valvae sind durchaus andere bei den Hymenopteren und den Trichopteren. Bei ersteren liegen beide Stücke in engster Verbindung miteinander vollständig geborgen in einer vom postsegmentalen Rande der 12. Bauchschuppe sich einsenkenden weiten Grube. Die Valvae der Trichopteren und Lepidopteren dagegen sitzen am lateralen Rande der trichterförmigen Tasche, weit entfernt von der Basis des Penis, der am Taschengrunde angeheftet ist.

Es erhebt sich nun die wichtige Frage, ob die im entwickelten Zustande so grundverschieden erscheinenden Geschlechtsapparate der Hymenopteren einerseits, der Trichopteren und Lepidopteren andererseits einen gemeinsamen Plan des morphologischen Aufbaues erkennen lassen.

Durch eingehende Spezialuntersuchungen habe ich die morphogenetische Übereinstimmung der männlichen Geschlechtsanhänge bei allen von mir studierten Insektengruppen nachweisen können. Die Entwickelung eines einzigen Primitivzapfenpaares am Grunde einer dem postsegmentalen Rande der 12. Bauchschuppe benachbarten Genitaltasche, die Spaltung dieser Zapfen in je ein laterales (Valvae) und mediales Stück (Penis) und die Entstehung des Penis aus ursprünglich paarigen Höckern sind die wesentlichen Merkmale dieses morphogenetischen Prozesses.

Diese Ergebnisse, die auch für die nicht von mir untersuchten Hexapoden nach den, allerdings sehr spärlichen, Literaturangaben Gültigkeit zu haben scheinen, führten mich weiter zu Erörterungen allgemeinerer Natur.

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wird die Frage diskutiert, ob die Geschlechtsanhänge eine Bildung besonderer Art oder anderen Anhängen der ventralen Körperseite homolog sind. Vor allen Dingen schien die Tatsache, daß bei vielen Insekten während der Embryonalzeit Abdominalanhänge in wechselnder Zahl und Ausbildung auftreten, zu der Vermutung zu berechtigen, daß die Gonapophysen den Thorakalbeinen homolog seien, da man die Abdominalanhänge als die Überresten einer einstmals geschlossenen Reihe von ventralen Auswüchse aller

Körpersegmente betrachten zu dürfen glaubte. Alle Versuche aber, eine Übereinstimmung der Gonapophysen mit den Abdominalanhängen resp. den wahren Extremitäten nachzuweisen, müssen als gescheitert angesehen werden, denn die Gonapophysen entstehen an ganz anderen Stellen der Segmente wie die Extremitätenanlagen und gehören ihrer ersten Anlage nach einer viel späteren Entwickelungsperiode des Insektes an wie diese. Während die Abdominalanhänge gegen das Ende der Embryonalzeit bereits vollständig verschwunden sind, werden die Gonapophysen erst in der letzten Hälfte der Larvenperiode angelegt.

Vielfach ist ferner der Versuch gemacht worden, die bei Säugetieren unzweifelhaft bestehende Homologie der äußeren Geschlechtsteile bei männlichen und weiblichen Individuen auch für die Ordnung der Insekten als gültig zu behaupten. Beide Organe müssen aber sowohl im ganzen wie in ihren einzelnen Teilen als total verschiedene Bildungen aufgefaßt werden. Nicht allein tritt die erste Anlage der männlichen und weiblichen Geschlechtsanhänge an ganz verschiedenen Stellen der Segmente auf, sondern auch ihre weitere Differenzierung ist eine ganz andere beim Männchen als beim Weibchen. Während dort aus dem ursprünglich einfachen Zapfenpaare durch sekundäre Spaltung und Gliederung der komplizierte Kopulationsapparat hervorgeht, werden beim Weibchen sämtliche Teile des Genitalorganes von vornherein getrennt angelegt.

Die ausführliche Darstellung vorliegender Untersuchung findet sich in meiner unter dem gleichen Titel erschienenen Habilitationsschrift, Erlangen 1904.

Über den angeborenen Mangel des Wurmfortsatzes des Menschen.

Von Hermann Schridde.

Vorgetragen in der Sitzung vom 8. März 1904.

Aus dem pathologischen Institut der Universität Erlangen.

M. H. Ich erlaube mir Ihnen eine Beobachtung mitzuteilen, die ich an einem $1^1/_4$jährigen Mädchen erheben konnte. An dem betreffenden Blinddarme fehlte vollkommen der Processus. Dafür wies aber das Cöcum, welches, nach meinen Untersuchungen an mehreren Hundert Blinddärmen, vier seitliche Haustren besitzen sollte, an seinem Grunde zwei überzählige kleine Haustren auf. Bemerkenswert war auch der Verlauf der wohlentwickelten Tänien. Die vordere Tänie geht am Grunde des Cöcums direkt in die dorsale Tänie über und bildet mit dieser gleichsam ein Aufhängeband, in welchem der Blinddarm ruht. Die Taenia mesenterica teilt sich oberhalb der Einmündung des Ileums, und zwar verläuft ein Hauptteil an der vorderen Seite des Blinddarmes. Dieser Tänienstreifen bildet zusammen mit der vorderen Tänie ein scharf hervortretendes Dreieck. Das an der Rückseite des Cöcums herabsteigende Bündel der Taenia mesenterica erreicht nicht die hintere Tänie, sondern verliert sich mit seinen Muskelfasern schon vorher in der Wand des Blinddarmes. Statt eines Mesenteriolums ist im vorliegenden Falle ein Mesocöcum gebildet.

Nach meinen entwickelungsgeschichtlichen und vergleichend anatomischen Untersuchungen nehme ich zwei Arten der Rückbildung des Blinddarmes an. 1. Die allgemeine Rückbildung: hier hat eine das ganze Organ gleichmäßig betreffende Verkleinerung statt. Diese findet man bei den Fleischfressern und

einigen Affen (Galeopithecidae, Lemuriden haben noch sehr weite und lange, also wohl noch funktionierende Blinddärme — bei den Katzen, beim Hunde und z. B. bei den Pavianen und bei Macacus rhesus findet sich schon eine mehr oder weniger ausgesprochene allgemeine Rückbildung). — 2. Die beschränkte Rückbildung. Sie besteht in einer auf das Kaliber beschränkten Verkümmerung des distalen Blinddarmabschnittes und hat die Bildung des Wurmfortsatzes zur Folge (Anthropomorphae, Mensch).

Im geschilderten Falle liegt nach meiner Ansicht eine sehr weit gehende allgemeine Rückbildung vor. So läßt sich der Fall auf die ungezwungenste Weise erklären, und so versteht man auch, daß außer den normalen vier Haustren am Ende des Blinddarmes noch weitere zwei Haustren vorhanden sind. Es hat hier eine Rückbildung stattgefunden, wie man sie in gleicher Weise bei Carnivoren und einigen Affen beobachtet. Der vorliegende Befund ist daher als Atavismus anzusprechen. —

Die ausführliche Abhandlung ist erschienen in Virchows Archiv Bd. 177.

Das Abwasser von Erlangen und die Regnitz an der Einmündung des Hauptsiels.

Von Walther Preu.

Aus dem hygienisch-bakteriologischen Institut der Universität Erlangen.

Einleitung.

Die Flußverunreinigungen interessieren heute die Anlieger, die Landwirtschaft, die Industrie, technische und wissenschaftliche Kreise; es sind verschiedene Gesetze und Verordnungen erlassen worden, denen zufolge ein Abwasser vor dem Einfluß in den Vorfluter eine gehörige Reinigung zu erfahren habe.

Was in der neueren Zeit in Vorfluter eingeleitet wird, unterliegt auch tatsächlich einer vorherigen mehr oder minder eingreifenden Reinigung; aber Anlagen aus früheren Zeiten entbehrten irgend welcher Vorrichtungen in dieser Beziehung. So ist man bekanntlich in München bei der Einführung der Vollkanalisation daran gegangen, alles skrupellos der Isar zu überantworten. Nach diesem Vorgehen glaubte man auch anderwärts, da sich in der ersten Zeit berechtigte Klagen nicht emporzuringen vermochten, dem Beispiele Münchens folgen zu dürfen, wenn die Verdünnung zum mindesten das Verhältnis 1:15 erfuhr und der Lauf des Vorfluters wesentlich schneller war als der des Sielinhalts.

Aus jener Zeit stammt die Kanalisation der Stadt Erlangen, die die Abwässer der ganzen Stadt der Regnitz zuführt. Allerdings hatte sich schon damals die Ansicht aufgedrängt, daß es bedenklich sei, die Fäkalien einer Bevölkerung dem Vorfluter mit zu übergeben, wenn er nicht besonders viel Wasser führt, obwohl man sich noch vielfach auf die Pettenkofersche Meinung stützen konnte, derzufolge das Verhältnis zwischen Fäkalien und Kanalwasser so gering sei, daß es praktisch für

die Mitführung oder Weglassung der Exkremente nicht in die Wagschale falle.

Die ersten Einwände, die man gegen ihre Einleitung machte, waren besonders schwerwiegend und berücksichtigten ausschließlich die Infektionsgefahr, insbesondere seitdem Koch bei der Untersuchung der Ursache der Choleraepidemie der Irrenanstalt Nietleben 25 km unterhalb in der Saale noch Choleravibrionen hatte nachweisen können. Die Infektionsgefahr beschränkt sich übrigens lediglich auf die mit Kot und Harn ausgeschiedenen und vom Verdauungskanal aus in den Körper eindringenden Mikroorganismen und hat außerdem nur dann eine praktisch wichtige Bedeutung, wenn ganze Ortschaften oder Schiffer ihr Wasser direkt dem Flusse entnehmen.

Allmählich aber regen sich auch die Stimmen in der Richtung, daß die Verschlammung und Verschmutzung der Wasserläufe hauptsächlich durch Fäkalien bedingt werde trotz ihrer scheinbar geringen Menge, bei der man jedoch die tierischen Fäkalien nicht außer acht lassen darf. In neuerer Zeit war es insbesondere Rubner, der auf die Wichtigkeit dieses Teils als Verschmutzungsquelle hinwies.

Ich will hier der Kürze halber die einschlägigen, gedrängt gefaßten Sätze aus dem Lehrbuch der Hygiene von Heim[1]) wiedergeben:

„Die Ansicht von dem geringen Einfluß der Exkremente hat v. Pettenkofer mit Nachdruck vertreten; ihr zufolge wurde die heute noch unverändert bestehende Einleitung aller Abwässer Münchens in die Isar durchgeführt. Nach Heiden betragen die Fäkalien pro Kopf und Jahr 48 kg, der Harn 438 kg, zusammen 486 kg, die übrigen Abwässer wenigstens 30000 kg; daraus berechnet sich ein Prozentgehalt der Abwässer an Kot und Harn von kaum 2% und von Kot allein sogar nur von 0,2%. Es berechnete an organischer Substanz:

Heiden 30,3 g aus Kot, 63,0 g aus Harn;
Rubner 21,8 g „ „ 17,1 g „ „

Rubners Zahlen stützen sich auf das mittlere Körpergewicht, die Ernährung und die bei ihr gefundene Größe der

---

[1]) Ludwig Heim, Lehrbuch der Hygiene (Stuttgart 1903, Ferdinand Enke), S. 206.

Ausscheidungen der Bevölkerung Berlins. Trotz dieser geringeren Werte war in dem aus dem Sielwasser erhaltenen Eisenniederschlag der suspendierten und eines Teiles der gelösten Substanzen ein großer Anteil als Kot anzusehen; denn seine Zusammensetzung zeigte eine auffallende Ähnlichkeit mit den Fäkalien des Menschen (A. H. Bd. 46, S. 48).

Auch die gröberen Schwebestoffe erwiesen sich wenigstens bei der bakteriologischen Untersuchung im Keimgehalt gleichwertig mit Fäzes (Spitta, A. H. Bd. 46, S. 64).

Die Fäkalienbeseitigung und die Kanalisation in Erlangen.

In Erlangen ist den Hausbesitzern durch ortspolizeiliche Vorschrift vom 19. September 1881 der Anschluß an die Kanalisation zur Aufgabe gemacht. Die Fäkalien sind von der Einleitung ausgeschlossen, sie werden in Gruben geleitet und von Zeit zu Zeit nach einer Zentralsammelstelle abgefahren, die etwa 2 km südwestlich der Stadt liegt, und aus der sich die Bauern nach Bedarf den Dünger holen. Die Leerung von Abortgruben darf laut ortspolizeilicher Vorschrift vom 25. Juni 1896 nur auf pneumatischem Wege durch die städtische Grubenreinigungsanstalt erfolgen. Die Spülaborte entleeren ihre Abgänge in die Gruben, die nach der ortspolizeilichen Vorschrift vom 15. Juli 1897 Klärung und Überlauf in das städtische Kanalnetz haben. Nach Ziffer 4, 5 und 6 der ebengenannten Vorschrift ist die Einrichtung folgende:

4. Die Grubenanlage weicht in ihrer baulichen Einrichtung nur insofern von einer gewöhnlichen Abortgrube ab, als die Grube durch eine von der Höhe des Überlaufs etwa einen halben Meter hinabreichende Zwischenwand geteilt ist. Im oberen Teil der Grube befindet sich ein Behälter zur Aufnahme der Klär- und Desinfektionsmittel, welche durch den Einsteigschacht der Grube eingebracht werden können.

Die Klosettspülvorrichtungen sind derart einzurichten, daß beim Spülen der Klosetts auch dem in der Grube befindlichen, mit Desinfektionsmitteln gefüllten Behälter durch eine von den Spülvorrichtungen ausgehende und in den Behälter mündende Rohrleitung Wasser zugeführt wird.

Die Bedienung der Aborte und Desinfektion der Fäkalien geschieht in folgender Weise:

Nach Benützung eines Klosetts wird die Spülvorrichtung in Tätigkeit gesetzt, und damit werden einesteils die Fäkalien durch die Fallrohrleitung des Aborts in die erste Abteilung der Grube abgeschwemmt, anderenteils wird dem bis zum Rande mit Desinfektionsmasse gefüllten Behälter Wasser

zugeführt. Das Wasser rührt die Desinfektionsmasse auf und bringt den Behälter zum Überlaufen, so daß ein Teil der Desinfektionsmasse in die Klärgrube gelangt. Hier findet eine Mischung der Klärmittel mit den soeben zugeflossenen Fäkalien und sodann die Ausscheidung des größten Teils der festen Stoffe durch Niederschlag statt, während die Flüssigkeit aus der ersten in die zweite Abteilung der Klärgrube übergeht, woselbst sie den Rest der festen Stoffe durch denselben Vorgang verliert. Aus der zweiten Abteilung der Klärgrube gelangt die Flüssigkeit durch ein enges Gitter in einen Reinigungsschacht mit Siphon in den Ablaufkanal.

Nach jeweiligem Verbrauch sind die Klär- und Desinfektionsmittel in dem oben genannten, für die Aufnahme bestimmten Gefäße zu ergänzen.

5. Als Desinfektions- und Klärmittel sind Kalkhydrat und Tonerdehydrat in Mischung oder andere von der Polizeibehörde jeweils zugelassene Mittel zu verwenden.

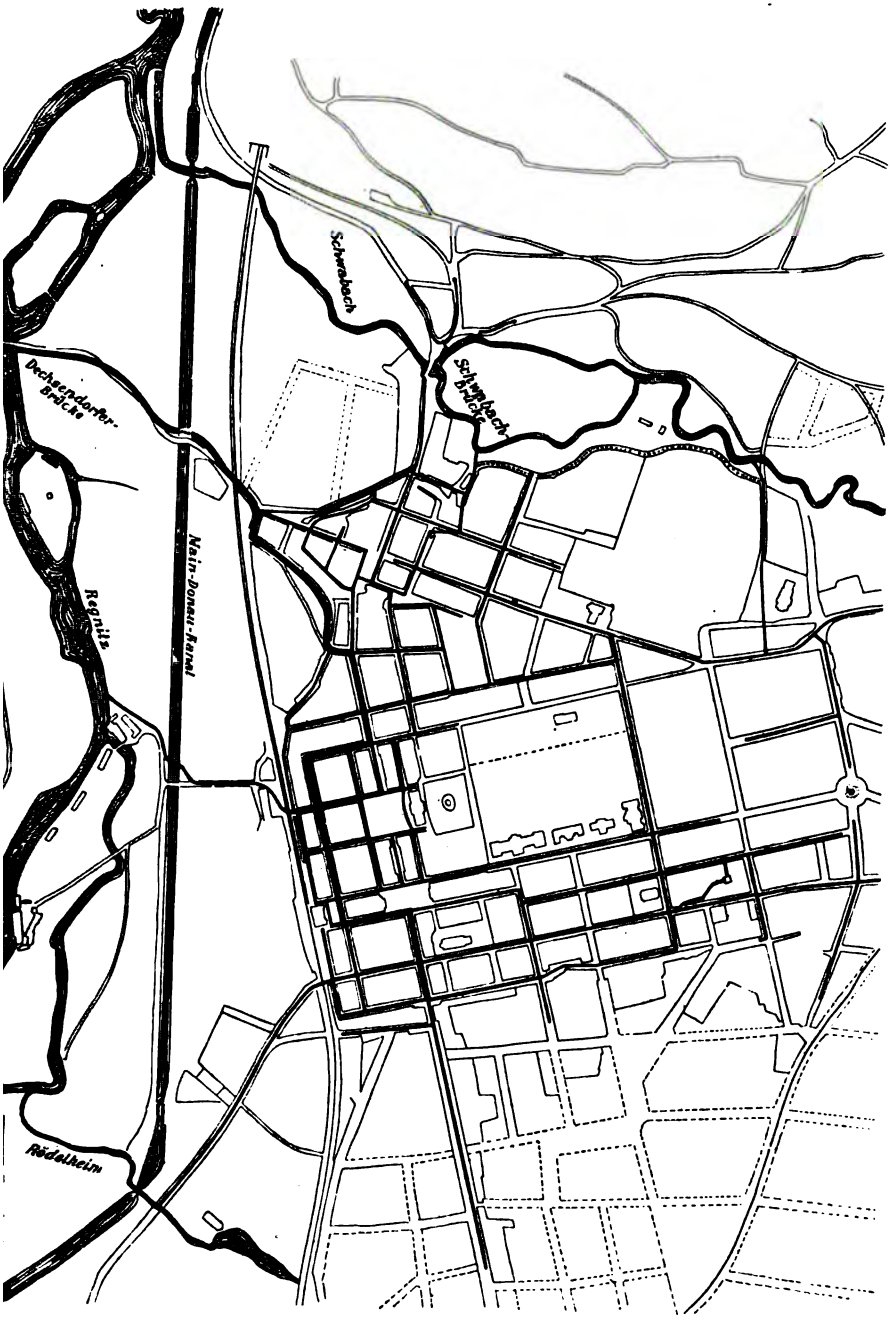
6. Die Desinfektion des Grubeninhalts und die Überwachung der Abortanlage geschieht durch städtische Bedienstete. Für diese Tätigkeit hat der Hausbesitzer an die Stadtkasse eine von dem Stadtmagistrat jeweils festzusetzende Gebühr alljährlich zu entrichten.

Die beifolgende Tafel (Fig. 1) zeigt das Kanalnetz der Stadt und insbesondere seine Einmündung in den Vorfluter. Sie ist nach einer Kopie des Kanalisationsplans vom Jahre 1884 angefertigt, der mir durch Herrn Stadtbaurat Kreuter in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurde. Der Plan ist seit 1884 nicht oder nur sporadisch ergänzt worden und infolgedessen unvollständig geblieben, namentlich hinsichtlich der Erweiterungen, die die Stadt in den letzten 25 Jahren erfahren hat. Immerhin ist aus ihm zu ersehen, wie der Vorfluter an Erlangen vorbeifließt, und an welchen Stellen er Zuflüsse erhält.

Die Hauptmenge der städtischen Abwässer mündet durch einen Hauptsammler an der Dechsendorfer Brücke, dem einzigen Übergang über den Fluß im Weichbild der Stadt. Nachdem der Kanal kurz vorher die Abwässer des städtischen Schlachthofes aufgenommen hat, kreuzt er die Straße und ergießt sich am rechten Ufer unmittelbar oberhalb der Brücke in den Fluß.

An der Südseite der Stadt bringt der Rödelheim die Abwässer einiger Wohnhäuser und der Spinnerei mit; letztere ist nahe dem am untern Ende des Plans eingezeichneten kleinen Teich gelegen. Im übrigen sind die meisten Grundstücke der südlichen sog. Neustadt an den Hauptsammler angeschlossen. Der Rödelheim ist nur ein kleiner Bach, der aus dem südlich

Fig. 1.


Schwabach
Schwabach Brücke
Dechsendorfer-brücke
Main-Donau-Kanal
Regnitz
Rödelheim

von Erlangen gelegenen Walde kommt und jenen kleinen Teich durchsetzt.

Etwa in der Mitte zwischen Rödelheim und Dechsendorfer Brücke führt ein offener, teils versumpfter, teils verkrauteter Graben stinkende Abwässer aus der zwischen Eisenbahn und Donau-Main-Kanal gelegenen Gerberei (Handschuhgerberei) in den Fluß.

Im nördlichen Stadtteil entwässern mehrere Anwesen in einen größeren Bach, in die Schwabach, die zwischen der Stadt und der Vorstadt Essenbach, dann unter der Eisenbahn und dem Ludwigs-Donau-Main-Kanal hindurch in die Regnitz fließt; die Einmündung ist am oberen Ende des Plans eben noch zu sehen.

Wie über die Größe des Kanalnetzes ein vollkommener Aufschluß seitens der Stadtverwaltung nicht zu bekommen war, so auch nicht über die Menge der täglichen Abwässer, denn Messungen sind nicht angestellt worden. So war ich lediglich auf eine überschlägige Berechnung angewiesen, die selbstverständlich nur zu einer ganz ungefähren Schätzung führen konnte.

Nach dem Tagebuch für die meteorologische Station Erlangen betrug die Niederschlagsmenge von August 1903 bis Juli 1904 einschließlich 606 mm. Die Grundfläche der Stadt Erlangen, soweit sie kanalisiert ist, beträgt ungefähr 1500000 qm.

Hieraus berechnet sich die Gesamtregenmenge auf das Stadtgebiet mit 909000 cbm.

Der Gesamtwasserverbrauch belief sich nach einer mündlichen Mitteilung des Direktors des städtischen Wasserwerks auf ungefähr 510000 cbm.

Aus diesen Zahlen ergibt sich eine Abwassermenge von ungefähr 1419000 cbm im ganzen Jahre oder von 45 Sekundenliter.

Der Vorfluter.

Kurze Beschreibung der Regnitz vom Ursprung bis zur Mündung.

Durch die Vereinigung der fränkischen Rezat, die an der Frankenhöhe entspringt, mit der schwäbischen Rezat, die am fränkischen Jura ihren Ursprung hat, entsteht bei Georgsgmünd die Rednitz. Diese nimmt oberhalb Fürth das Flüß-

chen Bibert auf und vereinigt sich bald unterhalb Fürth mit der Pegnitz, die von der fränkischen Schweiz kommt und kurz vor ihrer Einmündung durch Nürnberg geflossen ist. Die vereinigte Pegnitz-Rednitz führt von da ab den Namen Regnitz. Unterhalb Fürth fließt an der linken Seite die Zenn, unterhalb Forchheim die Aisch, reiche Ebrach, rauhe Ebrach und die Aurach ein. Auf der rechten Seite tritt bei Erlangen der Rödelheim und die Schwabach hinzu, weiter unten noch die aus der fränkischen Schweiz kommende Wiesent.

An den genannten Flüssen liegen folgende größere Städte und Ortschaften (die Einwohnerzahlen sind in Klammern beigefügt):

1. An der fränkischen Rezat:
   Ansbach (17563)
   Lichtenau (1431)
   Windsbach (1583)
   Spalt (1858).
2. An der schwäbischen Rezat:
   Weißenburg (6550)
   Pleinfeld (1280)
   Georgsgmünd (1580).
3. An der Rednitz:
   Roth (4049)
   Schwabach (9385)
   Fürth (54144).
4. An der Pegnitz:
   Pegnitz (2158)
   Velden (796)
   Hersbruck (4016)
   Lauf (4084)
   Nürnberg (261081).
5. An der Regnitz:
   Erlangen (22953)
   Baiersdorf (1308)
   Forchheim (7591)
   Bamberg (41823).

Die Gesamteinwohnerzahl dieser Orte beträgt vom Ursprung bis zur Mündung 445233; dabei sind verschiedene kleinere Orte nicht mitgerechnet, so daß sich die Gesamtzahl der An-

wohner an diesen Flüssen auf rund eine halbe Million belaufen wird.

Auf die oberhalb Erlangens gelegenen Strecken treffen einschließlich Erlangen 394511 Einwohner oder ungefähr $^7/_8$, ausschließlich Erlangen 371558 Einwohner oder ungefähr $^4/_5$ der Gesamteinwohnerzahl.

Etwa 40 km unterhalb liegt die Stadt Bamberg und etwa 5 km weiter abwärts mündet die Regnitz in den Main.

Nach einer im Kaiserlichen Gesundheitsamt bearbeiteten Karte von Städten des Deutschen Reichs mit mehr als 15000 Einwohnern, in der die Art und die Leistungsfähigkeit der Wasserversorgung in Litern pro Kopf und Tag angegeben und ferner die Art der Beseitigung der Abwässer zusammengestellt ist, sind die Verhältnisse für die einzelnen in betracht kommenden Städte im folgenden zusammengestellt.

Städte	Art der Wasserversorgung	Leistungsfähigkeit der Wasserversorgung pro Kopf und Tag	Art der Beseitigung der Abfallstoffe	Reinigung der Abwässer
Ansbach	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser; daneben Einzelversorgung durch Brunnen.	339 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben und Tonnen.	Nein.
Fürth	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	62 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben und Tonnen.	Nein.
Nürnberg	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	75 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben.	Nein.
Erlangen	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	98 Liter	Ganz kanalisiert; daneben Sammlung der Fäkalien in Gruben.	Nein.
Bamberg	Zentrale Wasserversorgung durch Grundwasser.	64 Liter	Ganz kanalisiert.	Klärung der Abwässer geplant, jedoch z. Z. noch nicht ausgeführt.

Die Regnitz bei Erlangen.

Die Regnitz fließt im Westen an der Stadt vorüber größtenteils durch Wiesengelände. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, werden durch Flußteilungen mehrere Inseln gebildet, auf deren oberster, südlicher, die Wöhrmühle sowie städtische und militärische Badeanstalten liegen und dicht nebenan, gleich oberhalb des aus der Gerberei kommenden Grabens, die Thalermühle. Auf der weiter flußabwärts gelegenen Insel befindet sich die Schmidtsche Badeanstalt, endlich einige hundert Meter unterhalb der Einmündung des Hauptsiels eine dritte und vierte Insel; auf letzterer steht das städtische Freibad und die Universitätsbadeanstalt, die jedoch wegen ihrer völlig unzweckmäßigen und bedenklichen Lage demnächst aufgegeben und ganz stromaufwärts eingerichtet werden soll.

Im Flusse sind, wie es in der ganzen Gegend gebräuchlich ist, an verschiedenen Stellen Staubalken eingelegt, oberhalb deren im Sommer Wasserschöpfräder (nach persischem Vorbilde) zur Bewässerung der Wiesen eingesetzt werden. Schon durch diese Bewässerungsanlagen ist ein Schiffverkehr unmöglich gemacht. Er vollzieht sich ausschließlich auf dem Ludwigskanal.

Die Wasserführung der Regnitz beträgt nach den Aufzeichnungen im k. bayer. hydrotechnischen Bureau bei:

	Geschwindigkeit von	in der Sekunde
Niederwasser	50 cm	15 cbm
Mittelwasser	60 „	30 „
Hochwasser	120 „	120 „

Zu einer außergewöhnlich trockenen Zeit, am 5. August 1904, habe ich beim Einfluß des Hauptkanals selbst eine Messung versucht und die Breite des Flusses zu 45 m, die Tiefe durchschnittlich zu 0,63 m [1]) bestimmt; für die Geschwindigkeit behielt ich die obige Angabe von 0,5 m bei und ermittelte so 14,175 cbm, was in Anbetracht des abnorm niedrigen Wasserstandes mit den Zahlen des genannten Bureaus gut übereinstimmt.

---

[1]) Am Pegel 0,5, in der Mitte 0,6—0,7, nahe am linken Ufer 0,7—0,8 m.

Die Einmündung der Abwässer in die Regnitz.

Der für die Abwässer fast ausschließlich in betracht kommende Hauptkanal mündet unter einem stumpfen Winkel von ungefähr 110—120° in die Regnitz und zwar bei gewöhnlichem, mittlerem oder niedrigem Stande in der gleichen Höhe mit dem Wasserspiegel des Flusses oder etwas unter ihm; irgend welche Sieb-, Abfang- oder Reinigungsvorrichtung ist nicht vorhanden. Unter Zugrundelegung der üben berechneten Wasserführung des Flusses und der früher berechneten Abwassermenge ergibt sich bei Niederwasser ein Verhältnis von Abwasser zu Flußwasser wie 45:14175 Sekundenliter, was einer Verdünnung von 1:315 entspricht. Durch Hochwasser kann, wie dies im vergangenem Jahre zweimal beobachtet wurde, der Kanalinhalt aufgestaut werden, so daß er durch die Schachtöffnungen auf die umgebenden Wiesen austritt und sie verschlammt.

Das Sielwasser hält sich im Flusse, wie dies später des Näheren nachgewiesen werden wird, am rechten Ufer; infolgedessen ist die Verunreinigung dieses Ufers und des kurz unterhalb des Einlaufs rechts abzweigenden Armes der Regnitz eine ziemliche Strecke weit schon mit bloßem Auge deutlich zu erkennen. Das Kanalwasser des Hauptschachtes zeigt eine Menge von groben und feinen Schwimm- und Schwebestoffen, die in den Fluß übertreten und dort längere Zeit sichtbar bleiben. Deutlich ist mitunter die Einwirkung des nahen Schlachthofes an den Abfällen von Fleisch und Blut zu erkennen, die zu gewissen Zeiten auftreten.

Außerdem steigen in der Umgebung der Mündung fortwährend Gasblasen auf, namentlich im Sommer bei niedrigem Wasserstande. Die Wasseroberfläche ist in der Umgebung der Sielmündung oft mit der bekannten dicken schaumigen, grauen Schwimmmasse bedeckt.

Die Schwabach nimmt an fünf Stellen im Bereich der Stadt kleine Zuflüsse von Abwässern auf, doch ist, wie bereits erwähnt, die Menge nur gering und die Verdünnung größer als beim südlich gelegenen Rödelheim. Die Zuflüsse münden durch Tonröhren senkrecht in der Höhe des Wasserspiegels ein. Trotzdem ist, wenigstens bei geringer Wasserführung und zu warmer Zeit an der Schwabachbrücke ein fauliger

Geruch wahrzunehmen, der von Seiten der Anwohner schon öfters zu Klagen Veranlassung gegeben hat.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich ausschließlich mit der Untersuchung des Inhalts des Hauptsiels, sowie mit der des Flußwassers direkt oberhalb und unterhalb der Sielmündung an der Dechsendorfer Brücke. Herr Professor Dr. Heim veranlaßte mich zu ihrer Ausführung, damit zunächst einmal die Veränderungen festgestellt werden, die der Fluß lediglich durch den Hauptkanal erfährt. Ob und inwieweit die Regnitz durch andere kleinere Abwasserzuflüsse behelligt wird, wie ihre Beschaffenheit oberhalb und unterhalb des Weichbildes der Stadt ist, soll Gegenstand einer späteren Untersuchung und einer anderen Abhandlung sein. Die Bearbeitung schon jenes beschränkten Gebietes beschäftigt einen einzelnen Untersucher, dem eine Hilfskraft nicht zur Verfügung steht, vollkommen.

Da seitens der städtischen Behörde nichts gegeben wurde als die Erlaubnis, die Untersuchung überhaupt vornehmen zu dürfen, und nicht einmal ein Fahrzeug gestellt werden konnte, so waren die Expeditionen auf dem einzig vorhandenen kleinen Kahne, der von einem Privatmann in dankenswerter Weise überlassen wurde, ohnehin nicht auf weitere Strecken ausdehnbar, zumal da im Sommer die Stauvorrichtungen für Wasserräder und Mühlen die freie Fahrt ziemlich behindern.

Die physikalische und chemische Untersuchung.

Die Entnahme und Konservierung der Proben.

Eine besondere Aufmerksamkeit richtete ich auf die Probenentnahme, nachdem ich in der einschlägigen Literatur bei anderen Fällen wiederholt gerügt fand, daß nähere Angaben über die Art und Weise der Schöpfung fehlten, daß nur Stichproben untersucht worden wären, oder daß die Ufer- und Strömungsverhältnisse nicht die ihnen zukommende Berücksichtigung erfahren hätten.

Das Sielwasser.

Das Sielwasser schöpfte ich aus einem 20 m vor der Mündung in den Fluß befindlichen Schacht und vereinigte immer 4 bis 6 zu verschiedenen Stunden herausgeholte Mengen. Die Verarbeitung konnte natürlich nicht sofort vorgenommen werden, denn einerseits verfloß eine gewisse Zeit bis zur Ankunft im

Laboratorium, anderseits ließen sich nicht sämtliche Bestimmungen zu gleicher Zeit in Angriff nehmen. Infolgedessen mußte man darauf bedacht sein, daß das Wasser in der Zwischenzeit keine die Untersuchungen beeinträchtigende Veränderungen einging.

Dieser Forderung ist man für bakteriologische Zwecke von Anfang an gerecht geworden, bei chemischen Arbeiten dachte man bis selbst in die neuere Zeit nicht daran, weil man mit der chemischen Zusammensetzung als mit etwas schwer Veränderlichem rechnete. Aber gerade das Gegenteil ist der Fall.

Proskauer und Thiesing[1]) sahen die Oxydierbarkeit in einem Falle binnen zwei Tagen um 42 % abnehmen; nach Große-Bohle[2]) „kann der Glühverlust (des filtrierten Wassers) bei einem mäßig verunreinigten städtischen Kanalwasser in wenig Stunden um 10 bis 20 %, beim Stehen über Nacht um 25 %, bei zweitägigem Aufbewahren um 30 bis 40 % abnehmen; die Salpetersäure verschwindet fast immer in wenig Stunden vollständig oder bis auf geringe Reste, während der Gehalt an salpetriger Säure zunächst zunimmt, um alsdann infolge weitergehender Reduktion wieder abzunehmen".

Große-Bohle prüfte nun das von anderen Autoren zur Konservierung von Abwasser empfohlene Chloroform und konnte nachweisen, daß nach dem Zusatz eine nur unwesentliche Veränderung des Glühverlusts selbst nach Monaten eingetreten war, und daß auch der Gehalt an Ammoniak, Salpetersäure, salpetriger Säure nach dreiwöchentlicher Aufbewahrung von Kölner Kanalwasser mit Chloroform nahezu dieselben Werte zeigte wie sofort nach der Entnahme.

Für die Bestimmung der Oxydierbarkeit und des in Form von Ammoniak und in organischer Bindung vorhandenen Stickstoffs sowie des organischen Kohlenstoffs soll man nach vorhergegangener Filtration durch Ansäuern mit Schwefelsäure konservieren.

---

[1]) Proskauer und Thiesing, Bericht über die Versuche, die in der Kläranlage Karolinenhöhe, System Oxydationsverfahren, bisher angestellt wurden. Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen, Bd. 21 Supplement, S. 225.

[2]) Große-Bohle, Beobachtungen auf dem Gebiete der Wasseruntersuchungen. Bericht über die 2. Jahresversammlung der freien Vereinigung deutscher Nahrungsmittelchemiker in Bonn 1903, S. 57.

Infolgedessen schied ich die geschöpften Proben sofort in zwei Teile; dem einen setzte ich 2 ccm Chloroform aufs Liter zu für die Bestimmung von Abdampfrückstand, Schwebestoff, Glühverlust, Salpetersäure und Chlor; dem anderen 2 ccm 25 %ige Schwefelsäure zur Bestimmung der Oxydierbarkeit, der Stickstoffverbindungen und des Ammoniaks.

Das Flufswasser.

Auf die Unterscheidung verschiedener Tiefen konnte verzichtet werden, da an den für die Untersuchung in Betracht kommenden Stellen überhaupt nur geringe Tiefe (höchstens 2 m) herrscht.

Oberhalb der Mündung des Hauptsiels fanden zur chemischen Untersuchung nur Durchschnittsproben des ganzen Flußquerschnitts Verwendung, die nach dem Vorgange von Kruse[1]) genommen wurden: Kruse füllte beim Übersetzen über den Rhein drei Flaschen von je einem halben Liter Inhalt in der Weise, daß auf je ein Drittel des Querschnitts eine Flasche kam. Diese Proben benutzte er zur Bestimmung des Keimgehaltes des Rheinwassers. In Anbetracht der geringen Breite der Regnitz vereinigte ich ungefähr 12 beim Übersetzen über den Fluß von einem bis zum anderen Ufer geschöpfte Proben in einer einzigen Flasche. Um den zeitlichen Schwankungen Rechnung zu tragen, wurden Proben von verschiedenen Stunden miteinander vermischt.

Unterhalb der Mündung des Hauptsiels wurden nicht bloß solche Durchschnittsmischungen, sondern mitunter auch einzelne Proben aus der rechten oder linken Seite des Flusses oder von beiden entnommen, in jedem Falle unmittelbar im Anschlusse an die Entnahme oberhalb (s. Spalte 7 der Tabelle 2).

Der Flufsboden.

Zur Entnahme des Flußbodens diente ein Schleppnetz[2]), wie Figur 2 zeigt. Das Drahtgeflecht von ungefähr $^1/_2$ cm

---

[1]) W. Kruse, Über Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Zentralblatt f. allgem. Gesundheitspflege, 18. Jahrg., S. 29.

[2]) Anstatt des in Büchern gebräuchlichen Wortes „Dredge“ wählte ich das deutsche Wort „Schleppnetz“. Dieses und das Fangnetz wurden von F. und M. Lautenschläger, Berlin N. 24, bezogen.

Fig. 2.

Maschenweite wurde mit einem Tuche von 50 Maschen auf 1 qcm belegt, denn nur so ließen sich, wie sich bald herausstellte, nennenswerte Mengen von Material aus dem Flusse herausbringen.

Sofort an Ort und Stelle wurde Geruch und Farbe festgestellt und alsbald nach Ankunft im Laboratorium die Bestimmung des Schwefelwasserstoffs nach der gewichtsanalytischen Methode vorgenommen.

Zur Entfernung von gröberen Teilen des Flußbodens, wie Steinen, Holzstücken u. s. w., diente Sieb III des Knopschen Satzes, das alle Teile mit größerem Durchmesser als 2 mm zurückhält[1]).

Die angewandten Methoden.

Oxydierbarkeit: Titrierung mit Kaliumpermanganat nach Kubel.

Stickstoff: Verfahren nach Kjeldahl.

Ammoniak: Maßanalytisch nach Destillation mit gebrannter Magnesia. Hierbei wandte ich das im Laboratorium des Herrn Professor Dr. J. König in Münster gebräuchliche Verfahren an, die gebrannte Magnesia vor dem Zusatz mit Wasser anzuschlämmen, wodurch ein Stäuben und Eindringen in die Vorlage vermieden wird.

Abdampfrückstand: 200 ccm Wasser wurden in einer Platinschale auf dem Wasserbade eingedampft und nach dreistündigem Trocknen bei 98° gewogen.

[1]) K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene (Wiesbaden, Bergmann), S. 183.

Glühverlust: Der Abdampfrückstand wurde zunächst bis zur weißen Farbe des Rückstandes geglüht, dann mit Ammonkarbonat befeuchtet und nochmals schwach geglüht.

Die Menge der Schwebestoffe ergab sich aus der Differenz der Abdampfrückstände aus unfiltriertem und filtriertem Wasser.

Salpetersäure: Bestimmung nach Ulsch aus 1 bis 2 l Wasser.

Auf salpetrige Säure prüfte ich stets sofort an Ort und Stelle mit Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure; desgleichen auf Ammoniak mit Neßlers Reagens.

Bei der Chlorbestimmung nach Mohr bediente ich mich der von L. W. Winkler[1]) angegebenen Vorsichtsmaßregel, um den Endpunkt der Titration scharf zu erkennen:

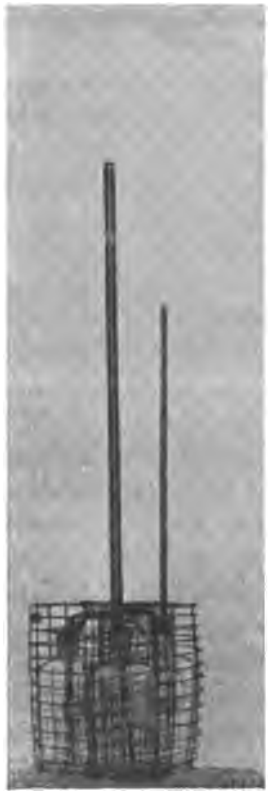
Zunächst werden nur 90 ccm titriert, danach noch 10 ccm des zu untersuchenden Wassers hinzugefügt und diese Flüssigkeit zum Vergleich bei der Titration von 100 ccm nebenhin gestellt; auf diese Weise läßt sich der durch das chromsaure Silber hervorgerufene Farbenumschlag mit größerer Sicherheit wahrnehmen.

Der gelöste Sauerstoff wurde im Flußwasser nach der Methode von Winkler, im Abwasser nach einem modifizierten Verfahren dieses Autors bestimmt; man ermittelt die Menge des aus dem entstehenden Manganichlorid freiwerdenden Chlors, die von den Verunreinigungen des Abwassers gebunden wird, und zählt sie hernach zu der einfachen Sauerstoffbestimmung hinzu. Der Zusatz der Reagentien erfolgte sofort nach der Probenentnahme an Ort und Stelle.

Die Einsammlung des dazu nötigen Wassers nahm ich mit dem nach Renk zusammengestellten Apparat vor (nach brieflicher Mitteilung des Autors). Er besteht, wie die Figur 3 zeigt, aus drei Flaschen, die an einem Drahtkorb befestigt und so vereinigt sind, daß nach dem Untertauchen des ganzen Apparats das Wasser durch die Flasche *I* einströmt, während die Luft durch die lange Glasröhre, die an Flasche *III* angebracht ist und über den Wasserspiegel emporragt, entweicht. Das

[1]) Winkler, L. W., Bestimmung des Chlors in natürlichen Wässern. Referat in der Hyg. Rundschau 1902, S. 427.

Fig. 3.



Untertauchen muß solange währen, bis die drei Flaschen der Reihe nach mit Wasser gefüllt sind. Danach ist die Flasche *I*, die allein zur Untersuchung benutzt wird, unter Wasser zweimal ausgespült, so daß die ursprünglich darin enthalten gewesene Luft keinen Einfluß mehr auf den Sauerstoffgehalt des Wassers auszuüben vermag.

Die mit der Winklerschen Methode erhaltenen Zahlen für den Sauerstoffgehalt sind ohne weiteres unter sich nicht vergleichbar, da die Menge dieses Gases, die ein Liter Wasser fassen kann, bei den verschiedenen Temperaturen verschieden ist. Nach den von Winkler in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft[1]) niedergelegten Zahlen ist der Sättigungswert des Wassers bei

0°	10,187	6°	8,682
1°	9,910	7°	8,467
2°	9,643	8°	8,260
3°	9,387	9°	8,063
4°	9,142	10°	7,873
5°	8,907	11°	7,692
12°	7,518	22°	6,114
13°	7,352	23°	5,999
14°	7,192	24°	5,886
15°	7,038	25°	5,776
16°	6,891	26°	5,669
17°	6,750	27°	5,564
18°	6,614	28°	5,460
19°	6,482	29°	5,357
20°	6,356	30°	5,255
21°	6,233		

Spitta hat bei seinen mehrerwähnten Flußwasseruntersuchungen die ermittelte Sauerstoffzahl mit jenen Sättigungs-

[1]) Bd. 21, S. 1772.

werten verglichen und berechnet, wieviel er mehr oder weniger bei der vorhanden gewesenen Temperatur in seinen Proben gefunden hatte. Meistens stellte sich natürlich ein Defizit heraus, und dieses gestattet bereits eine bessere Schätzung der vorhandenen Verhältnisse. Das hiesige Regnitz- und Sielwasser hatte immer weniger Sauerstoff als der Sättigung entsprach. Auf einen Vorschlag des Herrn Professor Dr. Heim wurden die ermittelten Sauerstoffwerte analog den Feuchtigkeitsbestimmungen in der Luft auch in Prozenten der von Winkler aufgestellten Sättigungswerte ausgedrückt.

Das Fett des Abwassers bestimmte ich nach Schreiber[1]) aus 2—3 l nach Verdampfung zur Trockne mit etwas ausgeglühtem Sande durch Extraktion des Rückstandes im Soxhletschen Apparate. Nach Trocknung bei 98° erhält man als Extrakt I die freien Fettsäuren. Nach Ansäuerung des Rückstandes mit schwacher Posphorsäure und nochmaliger Trocknung erfolgte eine zweite Fettextraktion auf gleiche Weise. Das hierdurch erhaltene Fett stellte als Extrakt II die gebundenen Fettsäuren oder Seifen dar. Als Gesamtfett ist die Summe von Extrakt I und II bezeichnet.

Der Schwefelwasserstoff im Schlamm wurde alsbald nach Ankunft im Laboratorium gewichtsanalytisch bestimmt: Er wurde durch Brom zu Schwefelsäure oxydiert, als Baryumsulfat gewogen und in Schwefelwasserstoff umgerechnet. Freier Schwefelwasserstoff wurde durch einfaches Kochen, gebundener mit Salzsäure ausgetrieben, die Umrechnung geschah auf 1 kg Trockensubstanz.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchung.

Das Sielwasser.

Das Sielwasser sieht in einer etwa 12 cm dicken Schicht im Entnahmeglas trübgelb bis braun aus.

Der Geruch ist im Sommer und Winter stark faulig, in der Umgebung der Mündungsstelle steigen besonders im Sommer im Flusse zahlreiche Gasblasen auf, und der Geruch ist wenigstens in nächster Nähe sehr unangenehm und lästig. In den

[1]) Schreiber, Über den Fettreichtum der Abwässer und das Verhalten des Fettes im Boden der Rieselfelder Berlins. Archiv für Hygiene, Bd. 45, S. 295.

Tabelle

Chemische Analyse

Datum der Probenentnahme 1903/04	Temperatur (° C.) Wasser	Luft	Barometerstand mm	Farbe	Geruch	Reaktion	Gelöste Stoffe (mg im l) Gesamt	anorgan.	organ.	Oxydierbarkeit (mg KMnO₄ im l)	Chlor (mg im l)	Ammoniak (mg im l)	Stickstoff (mg im l) Gesamt	organ.	Phosphorsäure
3. XI. [1]	9	10	745	trüb braun	faulig	alkalisch	629	342	287	182	88	27,2	41,4	62	[illegible]
14. XII. [2]	7	2	732	„	„	„	605	297	308	210,7	92,5	35,7	52,5	[illegible]	[illegible]
10. II. [2]	8,5	6	722	„	„	„	662	321,5	340,5	219,6	83	31,8	48,4	[illegible]	[illegible]
17. III. [1]	6	6,5	735	„	„	„	535,5	241	294,5	204,1	98	29,1	39,3	[illegible]	[illegible]
24. IV. [2]	8	16	738	trüb graubraun	„	„	384,5	201,5	183	176,2	72,5	37,4	62,7	[illegible]	[illegible]
26. IV. [1]	8	11	740	trüb braun	„	„	621,5	289,5	332	214	71	35,3	49,0	[illegible]	-
16. V. [1]	11	18	742	„	„	„	730	368	362	222,2	116	34,7	44,1	[illegible]	-
17. VI. [2]	12,5	26	741	„	„	„	704	341	363	197,5	104	30,5	58,7	[illegible]	[illegible]

[1]) Aus 6 zu verschiedenen Stunden entnommenen Proben gemischt.

wenigen, ungefähr 50 m nördlich des Kanaleinflusses gelegenen Häusern soll sich, wie mir bei der Nachfrage angegeben wurde, im Sommer an windstillen Tagen ein deutlicher modriger Geruch bemerkbar machen, der jedoch schon bei geringem Winde wieder verschwinde, was bei der vorherrschend westlichen Windrichtung erklärlich erscheint.

Der üble Geruch wird aber wahrscheinlich auch mit von einem Tümpel herrühren, der nördlich von der Sielmündung unterhalb der Häuser liegt. Er füllt sich bei Überschwemmungen mit Flußwasser und Schlamm, ja er nimmt noch Abgänge aus den beiden anliegenden, nicht an die Kanalisation angeschlossenen Häusern auf, darunter aus einer Gastwirtschaft. Außerdem sei hier noch angefügt, daß sich nahe dabei die Pferdeschwemme befindet, weil von dort die tiefste Stelle im Fluß erreichbar ist. Die Tiere müssen also durch den Teil des Flusses hindurchgeführt werden, der vom städtischen Sielwasser am meisten verunreinigt ist.

es Abwassers.

Phosphorsäure (mg im l)	Schwefelsäure (mg im l)	Kalk (CaO) (mg im l)	Magnesia (MgO) (mg im l)	Härtegrade (deutsche)	Phosphorsäure (mg im l)	Suspendierte Stoffe (mg im l) Gesamt	anorgan.	organ.	Gelöster Sauerstoff (ccm im l)	Sauerstoff-Defizit ccm	Prozentisch	Fett (mg im l) Extrakt I	Extrakt II	Gesamt	Witterung
—	44,4	71	70,5	17	27,5	272,5	130	142,5	4,63	−3,43	57,4	54,7	31,6	86,3	trocken
—	51,7	81,5	69,3	17,8	19,1	280,8	118,5	162,3	5,42	−3,04	64,0	69,5	22	91,5	„
—	39,7	—	—	—	23,6	305,3	134,4	170,9	4,37	−3,79	53,5	72,5	40	112,5	schwacher Niederschlag
—	—	—	—	—	—	266,5	119	147,5	4,19	−4,49	48,2	—	—	—	trocken
uren	—	—	—	—	—	226	140,5	85,5	5,31	−2,95	64,2	57,4	14,5	71,9	starker Niederschlag
„	—	—	—	—	—	292,4	140	152,4	5,14	−3,12	62,2	62	19	81	trocken
„	—	—	—	—	—	251,5	87	164,5	4,76	−2,93	61,9	—	—	—	schwacher Niederschlag
„	62,4	89,6	54,5	16,6	29,8	314	127	187	3,12	−4,31	41,9	48	21	69	trocken

[2]) Aus 4 zu verschiedenen Stunden entnommenen Proben gemischt.

Die Kanalwässer zeigten stets schwach alkalische Reaktion.

Die gelösten Stoffe betrugen im Durchschnitt aus sämtlichen untersuchten Proben ungefähr 609 mg im Liter. Die Schwankungen sind bei den einzelnen Proben unbedeutend. Dieser Gehalt macht etwa das Dreifache der im Flußwasser enthaltenen gelösten Stoffe aus. Schon bei einer 20—30fachen Verdünnung wird sich infolgedessen nur noch eine geringe Zunahme an Trockenrückstand nachweisen lassen.

Die Oxydierbarkeit ergibt einen durchschnittlichen Verbrauch an Kaliumpermanganat von ungefähr 203 mg für 1 l, was etwa dem achtfachen von dem durchschnittlichen Verbrauche des Flußwassers gleichkommt.

Der Chlorgehalt ist mit durchschnittlich 90 mg im Liter als verhältnismäßig niedrig zu bezeichnen. Wie auch die Analyse des Flußwassers ergibt, ist schon ungefähr 50 m unterhalb des Kanaleinflusses keine nennenswerte Zunahme mehr zu bemerken.

Der Ammoniakgehalt zeigt keine bedeutenden Schwankungen; er beläuft sich auf durchschnittlich 32,7 mg; durch die Verdünnung, die die Kanalwässer in der Regnitz erfahren, sind schon nach 50 m nur noch Spuren nachweisbar. Etwas mehr, aber ebenfalls nicht beträchtlich, schwankt der Gehalt an Stickstoff; durchschnittlich beträgt er 49,5 mg im Liter. Auch hier läßt die Analyse im Flußwasser nur noch geringe Spuren nach 50 m erkennen.

Salpetrige Säure tritt im Abwasser ebenso wie im Flußwasser in der wärmeren Jahreszeit in Spuren auf. Die Bestimmungen von Salpetersäure, Schwefelsäure, Kalk und Magnesia habe ich bloß in beschränkter Anzahl ausgeführt, da die sich ergebenden Zahlen nur in geringem Maße voneinander abwichen.

Die suspendierten Stoffe, die nach den ausgeführten Analysen durchschnittlich im Liter 276 mg betragen, bewirken auf die Entfernung von 50 m noch eine Zunahme von 8 mg für 1 l Flußwasser (s. Tabelle 2). Gerade die suspendierten Stoffe führen dem Auge des Beobachters eine deutliche Verunreinigung des Flusses vor, die auf weitere Entfernung noch sichtbar bleibt.

Die Werte des gelösten Sauerstoffs sind mit durchschnittlich 4,62 ccm im Liter stets etwas niedriger als im Flußwasser; berechnet man aber die Werte nach der prozentigen Sättigung, dann kommen sie denen im Flußwasser gleich, ja sie übertreffen sie noch um ein Geringes, der Durchschnitt ist 56,7 %, beim Flußwasser 56,4 %, ein Unterschied, der wohl innerhalb zulässiger Fehlergrenzen liegt.

Der Gehalt an Fett beträgt im Durchschnitt 85 mg im Liter. Es läßt sich jedoch schon nach einem Lauf von 50 m nicht mehr nachweisen und verschwindet teils infolge der erheblichen Verdünnung, teils, wie Schreiber[1]) gezeigt hat, durch die Tätigkeit gewisser Bakterien.

Das Flußwasser.

Die Farbe des sowohl oberhalb wie unterhalb des Kanaleinflusses bei normalem Pegelstande geschöpften Regnitzwassers erscheint im Glase schwach trüb, bei höheren Wasserständen

[1]) Karl Schreiber, Fettzehrung durch Mikroorganismen. Archiv f. Hygiene, Bd. 41, S. 328.

dagegen stark trüb und gelb gefärbt und zwar durch Sand und Bodenteilchen, wie aus den Ergebnissen vom 23. November 1903 und vom 10. Februar 1904 hervorgeht (s. Spalte 19, suspendierte Stoffe).

Die gelösten Stoffe sind durch die Abwässer auf eine Entfernung von 50 m noch deutlich nachweisbar vermehrt. Sowohl die anorganischen wie die organischen Stoffe zeigten zumeist deutliche Zunahme, nur nicht am 4. Dezember 1903, 10. Februar 1904 und 17. März 1904, wo die Menge der anorganischen Stoffe unterhalb des Kanaleinflusses etwas kleiner war als oberhalb.

Im Durchschnitt fanden sich an gelösten Stoffen:

	im ganzen	anorganisch	organisch
oberhalb . .	229,6	175,6	53,96
unterhalb . .	259,6	187,5	72,34

Noch deutlicher wird die Verunreinigung durch die Oxydierbarkeit angezeigt. Im Durchschnitt waren hier die Werte:

oberhalb 31,6 mg
unterhalb 49,7 „

Im Schmutzstreifen des Abwassers muß natürlich die Vermehrung am bedeutendsten sein, wie die Probe vom 14. Dezember 1903 zeigt.

Der Chlorgehalt dürfte nach den vorliegenden Resultaten zur Beurteilung nicht verwendbar sein. Die Erlanger Sielwässer enthalten, wie Tabelle 1 zeigt, überhaupt verhältnismäßig nicht viel Chlor. Bei den Durchschnittsproben erscheint unterhalb nur eine Zunahme von 1 bis 2 mg im Liter. In dem an der rechten Seite entlang ziehenden Schmutzstreifen ergibt sich eine Zunahme von 4 bis 6 mg im Liter.

Im Durchschnitt fanden sich:

oberhalb 12,6 mg
unterhalb 14,8 „

Die Stickstoffzahlen sind mit durchschnittlich

oberhalb 2,6 mg
unterhalb 3,7 „

wenig verschieden. Im einzelnen sind sie bei Hochwasser etwas höher. Ein besonderes Gewicht wird diesen Befunden jedoch kaum beigelegt werden können. Selbst kleine Versuchsfehler geben bei so niedrigen Werten schon bedeutende prozentuale Fehler.

Tabelle
Chemische Analysen

Nummer	Datum der Proben-entnahme 1903/04	Temperatur (° C) von Wasser	Luft	Barometerstand mm	Pegelstand cm	Ort der Proben-entnahme	Farbe	Geruch	Gelöste Stoffe (mg im l) gesamt	anorgan.	organ.
1a	12. XI.	6	5,5	745	—	oben (Mitte)	schwach trüb	ohne	221	172	49
1b	„	6	5,5	745	—	unten ca. 20 m rechtes Ufer	stark trüb	etwas faulig	286,5	197	89,5
2a	23. XI. [1]	4	8	743	138	oben	gelb	ohne	240	183	57
2b	„	4	8	743	138	unten ca. 50 m rechtes Ufer	„	„	246	184	62
3a	4. XII. [2]	2	−3	736	115	oben	weissl. getrübt	„	235	193	42
3b	„ [2]	2	−3	736	115	unten	„	„	250	188	62
4a	14. XII.	3	2	732	103	oben (Durch-schnitt)	schwach trüb	„	211,5	159	52,5
4b	„	3	2	732	103	unten ca. 50 m rechtes Ufer	trüb	faulig	242,4	164	78,4
4c	„	3	2	732	103	unten ca. 50 m linkes Ufer	schwach trüb	ohne	206,1	152	54,1
5a	19. XII. [3]	2	1,5	738	90	oben	„	„	210,5	161,5	49
5b	„ [3]	2	1,5	738	90	unten	„	„	253,5	192	61,5
6a	14. I. [3]	4	6	725	80	oben	„	„	191,5	154	37,5
6b	„ [3]	4	6	725	80	unten	„	„	261,5	199	62,5
7a	10. II. [3]	5,5	6	722	159	oben	gelb	„	238	187	51
7b	„ [3]	5,5	6	722	159	unten	„	„	253	184	69
8a	17. III. [3]	6	10	735	90	oben	schwach trüb	„	220,5	181	39,5
8b	„ [3]	6	10	735	90	unten	kaum getrübt	„	225,5	169	56,5
9a	26. IV. [3]	9	11	740	78	oben	„	„	253,5	185	68,5
9b	„ [3]	9	11	740	78	unten	„	„	278,5	196	82,5
10a	23. V. [3]	10	13	735	70	oben	„	„	243,5	172	71,5
10b	„ [3]	10	13	735	70	unten	„	„	270,8	178,5	92,3
11a	17. VI. [3]	18,5	26	741	74	oben	„	„	260	184	76
11b	„ [3]	18,5	26	741	74	unten	„	schwach modrig	290	210,5	79,5

[1]) Mischung von 3 Stichproben, rechts, mitten und links.
[2]) Mischung von 2 Durchschnittsproben, morgens 10 Uhr und mittags

Ammoniak ließ sich aus Durchschnittsproben unterhalb des Kanaleinflusses stets, aber nur in Spuren ermitteln; für eine genaue Bestimmung waren die Mengen zu gering. Aus dem Schmutzstreifen an der rechten Seite des Flusses konnten auf kolorimetrischem Wege 3 bis 4 mg im Liter gefunden werden.

Bemerkenswert ist das Auftreten von salpetriger Säure beim Einsetzen der wärmeren Jahreszeit. Indes können hierfür keineswegs die Abwässer der Stadt Erlangen allein ver-

2.

des Flufswassers.

Oxydierbarkeit (mg $KMnO_4$ im l)	Chlor (mg im l)	Stickstoff (mg im l)		Ammoniak (mg im l)	Salpetrige Säure	Suspendierte Stoffe (mg im l)			Gelöster Sauerstoff		
		gesamt	organ.			gesamt	anorgan.	organ.	ccm im 1	Defizit	prozentisch
24,2	13	1,6	1,1	—	—	30,6	19,6	11	5,94	—2,74	68,4
72,4	19,5	6,3	2,9	4	—	76	42	34	4,17	—4,51	48,0
71,6	13	4,2	1,4	—	—	203,5	168	35,5	5,98	—3,16	65,4
76,1	14	4,7	2,1	geringe Spuren	—	222	184	38	5,32	—3,82	58,2
23,1	12	1,8	1,1	—	—	31	16	15	6,34	—3,30	65,7
34,8	13,5	2,5	1,7	Spuren	—	40,5	19,5	21	5,27	—4,37	54,6
31,1	12,5	1,8	1,0	—	—	24	14,5	9,5	6,27	—3,11	66,8
67,3	16,6	5,2	1,9	3	—	51,5	29	22,5	4,87	—4,51	51,9
32,4	12,5	1,8	1,1	—	—	25	15,5	9,5	5,98	—3,40	63,7
25,7	12	2,1	1,0	—	—	27	14	13	6,14	—3,50	63,6
40,2	13,5	2,5	1,4	Spuren	—	36	20	16	verdorben	—	—
21,4	12,5	2,0	0,9	—	—	30,5	16,5	14	6,59	—2,55	72,1
41,2	14	2,4	1,5	Spuren	—	36	20,5	15,5	5,35	—3,79	58,5
63,2	11	4,6	1,8	—	—	177	148	29	5,87	—2,92	66,7
79,7	12	4,9	2,2	—	—	201	167	34	5,42	—3,37	61,6
27,4	13	2,2	1,0	—	—	28	16	12	5,62	—3,06	64,7
49,5	14	2,4	1,4	Spuren	—	35	21	14	5,10	—3,58	58,7
21,4	13	2,8	1,3	—	Spuren	10	6	4	6,30	—1,76	78,1
29,2	15	3,9	1,9	deutliche Spuren	„	19	11	8	4,38	—3,68	54,3
15,4	13	2,9	1,1	—	„	10,5	5,5	5	6,17	—1,70	78,4
21,1	14,5	3,5	1,7	Spuren	„	17,5	9,5	8	4,94	—2,93	62,7
23,7	14	2,1	1,7	—	„	12	7,5	4,5	4,32	—2,22	66,0
35,5	16	2,9	2,6	Spuren	„	22	11,5	10,5	3,65	—2,89	55,8

4 Uhr. — [3]) Mischung von 3 Durchschnittsproben, morgens, mittags und abends.

antwortlich gemacht werden, da die Nitrite sowohl oberhalb wie unterhalb des Kanaleinflusses vorhanden waren; nur fiel selbstverständlich die Reaktion unterhalb deutlicher aus als oberhalb.

Die suspendierten Stoffe wurden recht verschieden an Menge gefunden. Im Winter waren an und für sich mehr davon nachweisbar als im Sommer; vielleicht rührt dies von den im Sommer in den Fluß eingebauten Wasserschöpfrädern her,

Tabelle 2a.

Nummer	Datum der Proben-entnahme 1903/04	Salpeter-säure (mg im l)	Schwefel-säure (mg im l)	Kalk (CaO) (mg im l)	Magnesia (MgO) (mg im l)	Härte-grade (deutsche
1a	12. XI.	—	18,2	52	16,5	7,5
1b	„	—	19,7	59	22	9
2a	23. XI.	6,48	19,2	64,2	18,1	8,9
2b	„	6,52	21,5	67,4	19,6	9,5
9a	26. IV.	—	22,3	61,2	17,1	8,5
9b	„	—	23,5	63,7	21,4	9,4
11a	17. VI.	—	17	80	19	10,7
11b	„	—	20,5	82,5	23,2	11,5

die durch Verminderung der Strömung einer Sedimentierung der Schwebestoffe günstig sind; allerdings werden von dieser Absetzung die kleinsten Teile, an denen die Bakterien haften, und diese selbst nicht nachweislich betroffen; denn wie bei anderer Gelegenheit von Herrn Professor Dr. Heim gefunden worden ist, ist gerade unter dem Einfluß der Stauung der Bakteriengehalt vermehrt. Noch viel auffallender als jene Verminderung ist die Vermehrung der Schwebestoffe am 23. November 1903 und am 10. Februar 1904; sie ist dagegen viel leichter erklärlich; das Wasser war, wie in der Tabelle bemerkt ist, von Aussehen gelb, eine Erscheinung, wie sie in diesem Flußgebiet, insbesondere an der Pegnitz den Nürnbergern wohl bekannt ist und bei vermehrten Niederschlägen oder bei Hochwasser infolge Mitführung von Schlamm- und Sandmassen eintritt. Daß es hauptsächlich Sand war, was im Suspendierten vorherrschte, dafür spricht das Überwiegen der Zahl für die anorganischen Schwebestoffe gegenüber den organischen.

Im Durchschnitt betrugen die suspendierten Stoffe:

	insgesamt	anorganisch	organisch
oberhalb	53,1	39,2	13,9
unterhalb	68,8	48,6	20,2

Wenn man jedoch die beiden großen, hauptsächlich durch anorganische Stoffe bedingten Zahlen bei der Berechnung vernachlässigt, so beläuft sich der Durchschnitt auf:

	insgesamt	anorganisch	organisch
oberhalb	22,6	12,8	9,8
unterhalb	37,1	20,5	16,6

und wenn man die kälteren und wärmeren Monate (mit Ausschluß der großen Ziffern) einander gegenüber stellt, so war der Durchschnitt

	vom Oktober bis März	April, Mai, Juni
oberhalb	28,5	10,8
unterhalb	45,8	19,5

Der Sauerstoffgehalt erreichte, wie früher erwähnt, niemals den für die betreffende Temperatur gültigen Sättigungswert und war, wie zu erwarten, unterhalb beträchtlicher vermindert. Wie das Sielwasser an dieser Sauerstoffzehrung beteiligt war, läßt sich gut aus dem Ergebnis vom 14. Dezember 1903 ersehen, wo Proben von beiden Flußufern entnommen wurden; 50 m unterhalb der Sielmündung war auf der von ihr beherrschten Seite wesentlich weniger Sauerstoff vorhanden als am linken Ufer, wo der Unterschied gegen oberhalb nur gering war (5,98 gegen 6,27). Im Durchschnitt berechnet sich der Sauerstoffgehalt des Regnitzwassers auf

oberhalb 5,96 ccm im Liter oder auf 68,7%
unterhalb 4,84 ccm im Liter oder auf 56,4%.

Die Bestimmung von Salpetersäure, Schwefelsäure, Kalk und Magnesia gab wiederholt so geringe Unterschiede, daß sich eine regelmäßige Ausführung nicht lohnte.

Aus allen den angestellten Untersuchungen geht hervor, daß sich ein besonders ungünstiger Einfluß des Sielwassers von Erlangen auf die Regnitz chemisch nicht nachweisen läßt.

Wenn wir in Betracht ziehen, daß die Verdünnung bei Niederwasser 1 : 300 ist, und daß sich im Sielwasser wenig Kot befindet, und wenn wir damit die Erfahrungen anderer Autoren in Parallele stellen, so können wir in unsern Befunden nichts Auffallendes sehen.

Rubner[1]) schätzt die Grenzen der Genauigkeit der chemischen Analyse in unkonzentrierten Flüssigkeiten, wie sie gewöhnlich zur Untersuchung benutzt werden, besonders gering ein und sagt, daß „schon eine 20- bis 30fache Verdünnung der Abwässer die Analyse im Hinblick auf die zumeist nur quantitativen Änderungen durch Verunreinigungen und die natürlichen Schwankungen der Zusammensetzung des strömenden

[1]) Rubner, Das städtische Sielwasser und seine Beziehung zur Flußverunreinigung. Archiv für Hygiene, Bd. 46, S. 9.

Wassers selbst oft sehr unsicher machen kann. Die Sammelbestimmung ‚organische Substanz' ist aber an sich ungenau und leidet an verschiedenen inneren Gebrechen". Das Schwergewicht soll auf die Untersuchung der schwebenden Substanz gelegt werden, weil sie durch die Verdünnung zwar in der Masse unbedenklicher, in ihrer Wirksamkeit aber nicht geändert wird.

In unserem Falle hat die Bestimmung der organischen Substanz und die der suspendierten Stoffe die größten Unterschiede unter allen ausgeführten Analysen ergeben; das zeigt sich, wenn man die Durchschnittszahlen zusammenstellt und daraus berechnet, um wieviel prozentualisch die einzelnen in betracht gezogenen Bestandteile durch Hinzukommen des Sielwassers im Flusse vermehrt worden sind. Es berechnet sich für:

gelöste Stoffe . .	13,0 %,	Stickstoff . .	42,2 %,
Chlor	17,5 %,	Oxydierbarkeit	57,2 %,
gelösten Sauerstoff	19,0 %,	suspend. Stoffe	64,0 %.

In Ermangelung besserer Methoden, die leicht ausführbar wären, haben somit die beiden zuletzt genannten Prüfungen am meisten Ausschlag gegeben. Es muß aber zugegeben werden, daß mit Kaliumpermanganat nur einzelne Dinge unkontrollierbar heraus- oder zusammengenommen werden, deren Wert und Bedeutung für eine Flußverunreinigung durchaus nicht auf gleicher Linie steht; zu anderer Zeit, an andern Orten, bei anderer Zusammensetzung der Abwässer kann der Wert der Kaliumpermanganatmethode noch viel fraglicher erscheinen.

Mehr Vertrauen wird in jedem Falle die Bestimmung der Schwebestoffe verdienen, auch die von mir in der herkömmlichen Weise ausgeführte.

Rubner hat eine neue Methode ersonnen, mit der der Energiegehalt bestimmt wird, der in den schwebenden Stoffen enthalten ist. Um letztere möglichst vollkommen bis auf die kleinsten Mengen aus dem Wasser herauszubringen, fand er die Niederschlagung mit essigsaurem Eisen in der Siedehitze am geeignetsten. Der gewonnene Niederschlag wird auf seinen Gehalt an Stickstoff geprüft und der Verbrennungsanalyse im Kalorimeter mit der Berthelotschen Bombe unterworfen.

Bei diesen Versuchen fand Rubner, daß die Zusammensetzung des Eisenniederschlags aus dem Berliner Sielwasser in seinem Gehalt an Stickstoff, Ätherextrakt, Asche und Kalorien-gehalt eine auffallende Ähnlichkeit mit den Fäkalien des Menschen zeigte, und daß man mit der Fällungsanalyse imstande sei, die dem Sielwasser eigentümlichen Substanzen außerordentlich weit zu verfolgen, bis zu Verdünnungsgraden von 1 : 200 und mehr.

Leider mußte von der Durchführung einer derartigen Bestimmung hier abgesehen werden, da ein Kalorimeter nicht zur Verfügung stand. Sie wäre auch aus dem Grunde interessant gewesen, weil in Erlangen ein städtisches Sielwasser vorhanden ist, dem weniger Kotsubstanzen beigemengt sind als an Orten, wo die Wasserklosette unmittelbar an die Kanäle angeschlossen sind; denn bei der hiesigen getrennten Abfuhr der Fäkalien aus Klärgruben mit Überlauf nach der Kanalisation sind nur geringe Mengen menschlicher Fäkalien im Sielwasser zu erwarten. Um auf diese wichtigen Feststellungen nicht ganz verzichten zu müssen, habe ich versucht, diese Lücke mit Hilfe des Kolititers (s. später) auszufüllen, möchte aber, um dies gleich vorweg zu nehmen, bezweifeln, ob dies gelungen ist.

Der Flußboden.

Der Flußboden ist oberhalb und unterhalb mit Sand bedeckt. Mit dem Schleppnetz herausgenommen, zeigt er eine graue Farbe; sie ist unterhalb des Kanaleinflusses ein wenig dunkler, was nach dem Trocknen deutlicher hervortritt. Ein auffallender Geruch fehlt oberhalb, unterhalb ist er schwach moderig.

Der Gehalt an freiem und an gebundenem Schwefelwasserstoff war während des Winters sehr klein, eine Wägung der geringen Mengen wurde unterlassen, da sich Fehler durch das Umrechnen auf 1 kg Trockensubstanz verhältnismäßig zu sehr vergrößert hätten. Im Sommer ergaben sich deutlichere Werte, doch waren auch sie gering und bedeutungslos, zumal da der Hauptanteil des Schwefelwasserstoffs gebunden ist.

Der Fettgehalt erwies sich nur an der Sielmündung in dem dort abgelagerten Schlamm größer, sonst oberhalb wie unterhalb gering.

Tabelle

Chemische Analysen von

Datum der Probenentnahme 1903/04	Temperatur (° C.) von Wasser	Temperatur (° C.) von Luft	Pegelstand cm	Ort der Probenentnahme	Farbe	Geruch
23. XI.	4	8	138	oberhalb	grau	ohne
„	4	8	138	unterhalb	„	schwach modrig
14. I.	3	2	80	oberhalb	„	ohne
„	3	2	80	unterhalb	„	schwach modrig
„	3	2	80	an der Mündung des Kanals	schwarz	stark stinkend
23. V.	10	13	70	oberhalb	grau	ohne
„	10	13	70	unterhalb	„	modrig
17. VI.	18	26	74	oberhalb	„	ohne
„	18	26	74	unterhalb	„	modrig
„	18	26	74	an der Mündung des Kanals	schwarz	stark stinkend

Der organische Stickstoff zeigte im Winter etwas kleinere Werte wie im Sommer; der Durchschnitt war im

	oberhalb	an der Mündung	unterhalb
	mg im Kilo		
Winter	176,0	510	194,5
Sommer	194,5	668	271,7
Mittel	185,0	589	233,0

Der Glühverlust betrug im Durchschnitt im:

	oberhalb	an der Mündung	unterhalb
	g im Kilo		
Winter	5,4	132	7,3
Sommer	3,5	149	12,2

An der Sielmündung selbst befindet sich eine Schlammbank von schwarzer Farbe, die insbesondere in der wärmeren Jahreszeit und bei niedrigem Wasserstande hervortritt; dann ist fauliger Geruch auf weitere Strecken bemerkbar. Bei der Untersuchung fanden sich, wie erwähnt, größere Mengen von Schwefelwasserstoff, Fett und Stickstoff; insbesondere war der Glühverlust bedeutend; er betrug zwischen 13 und 15 %.

Die mikroskopische Untersuchung von Wasser und Boden des Flusses.

Zur Gewinnung des im Wasser treibenden Planktons diente ein Netz (Fig. 4), ähnlich dem von Apstein zur qualitativen Planktonuntersuchung benutzten. Es unterscheidet sich von

3.

Flufsboden und Schlamm.

Schwefelwasserstoff (mg im kg Trockensubstanz)			Fett (g im kg Trockensubstanz)			Organischer Stickstoff (mg im kg Trockensubst.)	Glühverlust (g im kg Trockensubst.)
gesamt	frei	gebunden	gesamt	Extrakt I	Extrakt II		
kaum wägbare Spuren			1,94	1,27	0,67	184	4,4
"	"	"	2,68	1,72	0,96	192	4,75
"	"	"	2,20	1,05	1,15	168	6,40
"	"	"	2,87	1,65	1,23	197	9,85
403	21	382	19,4	11,7	7,7	510	132,0
48,5	22	26,5	2,14	0,96	1,18	179	3,24
65	21	34	2,98	1,78	1,20	235,5	11,4
62	24	38	2,49	0,79	1,70	210	3,8
86,5	22	64,5	3,90	1,23	2,67	308	13,00
473	37	436	16,3	9,8	6,5	668	149,0

Fig. 4.

einem gewöhnlichen dadurch, daß es von oben nach unten konisch verläuft und in ein kleines Eimerchen von 3 cm Höhe und 2 cm Durchmesser mündet; letzteres hat an der Unterseite ein Röhrchen und trägt einen mit Quetschhahn verschließbaren Gummischlauch, durch den das gewonnene Material abgelassen werden kann. Das Netz besteht aus Seide, sog. Müllergaze, die nach Apstein den Vorzug vor gewöhnlichem Nesseltuche besitzt, daß das Material sehr leicht vom Stoffe abgespült werden kann, und daß die Maschen im Wasser nicht quellen. Auf einem qcm befinden sich ungefähr 5120 Löcher.

Vom Flußboden wurden Proben mittels eines Schleppnetzes (Fig. 2) heraufgeholt und in Gläsern mit etwas Wasser aufbewahrt.

Schwierigkeiten bereitete die Bestimmung der Protozoen, namentlich wegen ihrer Beweglichkeit. Nach einiger Übung gelang die Isolierung der einzelnen Tierchen mit Glaskapillaren.

Unter Zuhilfenahme der Enzyklopädie der mikroskopischen Praxis von Ehrlich, Krause, Mosse, Rosin und Weigert suchte ich ein passendes Abtötungs- und Konservierungsmittel zu erhalten.

Der Reihe nach probierte ich die angegebenen Agentien durch; Cocain, Antipyrin, Strychnin, Eserinsulfat kamen in verschiedener Verdünnung zur Anwendung, wurden jedoch wieder verlassen, da es nicht gelang, die Exemplare in unveränderter Form zu erhalten. Glyzerin und Alkohol bewirkten ebenfalls vollständige Gestaltsveränderung.

Osmiumsäure, in Verdünnungen und als Dampf angewandt, veränderte die Tiere ebenfalls und erschwerte die Bestimmung. Die Tierchen platzten beim geringsten Drucke, schon beim Auflegen des Deckglases.

Formalin, in verschiedenster Stärke, gab für kurze Zeit deutliche, zur Bestimmung brauchbare Präparate.

Sublimatlösung 2:1000, wie sie du Plassio angewandt hat, fand ich viel zu konzentriert; eine Verdünnung 1:20000 genügte nach meiner Erfahrung zur Abtötung. Selbst noch stärkere Verdünnungen lieferten Präparate, die länger brauchbar waren als die mit konzentrierteren Lösungen behandelten. Die Wahrnehmung von Bundle, daß durch Sublimat die Wimpern besser sichtbar werden, kann ich bestätigen. Zur Bestimmung leistet es sehr gute Dienste.

Eine wesentliche Verbesserung durch Hoyers Flüssigkeit, die durch Zusatz von Bichromat zur Sublimatlösung hergestellt wird, konnte ich nicht beobachten.

Auch die von Fol angegebene Behandlung mit alkoholischem Eisenchlorid beeinträchtigte die Gestalt der Tiere in ungünstiger Weise; zwar ließen sich die Wimpern infolge der Färbung deutlicher erkennen, aber dieser Vorteil wog die durch die Gestaltsveränderung entstandenen Nachteile nicht auf.

Ich versuchte noch verschiedene giftige Stoffe, wie Naphtol, Morphium, Atropin, Veratrin, Cyankalium, Urannitrat und Natriumwolframat. Meine Beobachtungen ergaben, daß Urannitrat in seiner Wirkung der von Sublimat gleichkommt; auch die Wimpern werden dadurch gut sichtbar.

Bei Anwendung von Natriumwolframat lebten die Tiere noch längere Zeit, ohne sich von der Stelle zu rühren; dabei

blieben die Wimpern in ständiger Bewegung, und die Ausdehnung und Zusammenziehung der Vakuolen dauerte geraume Zeit an. Ich empfand dies für die Bestimmung als Vorteil vor dem momentan tödlich wirkenden Sublimat und benutzte ausschließlich dieses Mittel in verschiedenen Verdünnungen. Die anderen Stoffe hatten diese Vorteile nicht und waren zum Teil ganz unbrauchbar.

Tabelle 4.

Arten	Winter (Dezember und Januar 1903/04)	Sommer (Mai und Juni 1904)
Pilze	Beggiatoa alba Cladothrix Crenothrix	Beggiatoa alba Cladothrix Crenothrix
Algen	Volvox Ulothrix (wenig)	Cladophora Oscillaria Pediastrum Closterium Ulothrix Volvox Eremosphaera
Diatomeen	Diatoma Nitzschia Synedra Fragilaria Navicula	Melosira Nitzschia Diatoma Cymatopleura Navicula Pleurosigma Fragilaria Synedra Melosira
Niedere Tiere	Paramaecium Carchesium Vorticella Euplotes Stylonychia Chilodon Colpidium Oxytricha Glaucoma Urostyla Anguillula	Rotifer (überwiegend) Paramaecium Stentor Vorticella Carchesium Oxytricha

Die Schwierigkeiten, die diese Untersuchungen dem Anfänger bereiten, sind recht groß; ich mußte durch Vergleiche der Gestalts- und Größenverhältnisse mit den Abbildungen in

den einzelnen zur Bestimmung benutzten Werken zurecht zu kommen suchen[1]).

Die Mikroskopierung des Planktons wurde im Winter auf die Monate Dezember und Januar, im Sommer auf den Mai und Juni verlegt, da in den anderen Monaten die Zeit durch chemische Untersuchungen ausgefüllt war.

Wenn man bloß die in größerer Anzahl auftretenden pflanzlichen und tierischen Organismen berücksichtigt, so findet man im Regnitz-Plankton nur wenig Arten. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem von Spitta[2]) aus dem Spree- und Havelgebiet und aus dem Rhein erhaltenen.

Die Farbe des Planktons war grauschwarz, im Sommer mit eingestreuten grünen Stellen von Algen.

Das im Sommer vorhandene Plankton unterscheidet sich von dem des Winters in sehr deutlicher Weise; im Sommer treten von den Algen die Arten Cladophora, Pediastrum, Ulothrix, Closterium und Oscillaria besonders häufig auf, von Diatomeen die Arten Melosira und Diatoma und von den niederen Tieren Rotifer; dagegen wird der Pilz Beggiatoa seltener.

Im Winter verschwinden die Algen nahezu ganz, auch die Diatomeen gehen etwas zurück, hingegen treten die Pilze Beggiatoa, Cladothrix und Crenothrix, namentlich der erstere,

---

[1]) Zur Bestimmung der tierischen und pflanzlichen Organismen benutzte ich: Karl Apstein, Das Süßwasserplankton, Methode und Resultate der quantitativen Untersuchung. Kiel u. Leipzig, bei Lipsius u. Fischer, 1896. O. Kirchner und F. Blochmann, bevorwortet von O. Bütschli, Die mikroskopische Pflanzen- und Tierwelt des Süßwassers. Braunschweig, bei Gebr. Haering, 1885. Franz Schütt, Analytische Planktonstudien. Ziele, Methoden und Anfangs-Resultate der quantitativen analytischen Planktonforschung. Kiel u. Leipzig, bei Lipsius u. Fischer, 1892. Kurt Lampert, Das Leben der Binnengewässer. Leipzig bei C. H. Tauchnitz, 1899. C. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse; Anleitung zur Untersuchung des Wassers mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser. Berlin, bei Jul. Springer, 1898. Tiemann-Gärtner, Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer, bearbeitet von G. Walter und A. Gärtner, 4. Aufl. Braunschweig, bei Friedrich Vieweg u. Sohn, 1895. J. König, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe, 2. Aufl. Berlin bei Paul Parey, 1898.

[2]) Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene, Bd. 38, S. 160.

in erheblicher Menge auf; ferner erscheinen von den niederen Tieren mehrere Formen, ohne daß (soweit die qualitative Abschätzung zuverlässig ist) einzelne durch ihre Zahl besonders hervortreten.

Das unterhalb des Kanalwassereinflusses gefischte Plankton war lediglich durch eine größere Menge von Detritus verschieden, von dem aber auch oberhalb schon viel vorhanden war. Er besteht vorwiegend aus Sand, Bodenteilchen, pflanzlichen und tierischen Resten. Öfters fanden sich Stärkekörner und zwar sowohl oberhalb wie unterhalb.

Das Ergebnis der chemischen Untersuchung, derzufolge im Winter mehr suspendierte Stoffe vorhanden waren als im Sommer, wurde bei dieser Untersuchung bestätigt. Der Fluß machte auch schon äußerlich im Sommer einen ungleich besseren Eindruck als im Winter.

Bei der mikroskopischen Durchmusterung des Flußbodens fiel in den Wintermonaten das schwache Auftreten von pflanzlichen Organismen auf: es waren nur wenige Fäden von Beggiatoa und Cladothrix, Algen so gut wie gar nicht, verhältnismäßig am meisten Diatomeen zu sehen und zwar dieselben Arten wie im Plankton.

Von tierischen Organismen beobachtete ich in häufigerem Vorkommen nur solche, die Haftorgane besitzen, womit sie der Strömung Widerstand leisten können, nämlich Vorticella und Carchesium, andere Arten nur selten.

In den Sommermonaten erschienen mehrere Algen und Diatomeen, dagegen Pilze nur vereinzelt; von tierischen Organismen hauptsächlich Vorticella und Carchesium, doch waren auch einige andere Arten vertreten, wohl weil im Sommer die Strömungsgeschwindigkeit geringer ist. Die Arten waren im wesentlichen dieselben wie in dem gleichzeitig entnommenen Plankton.

Die bakteriologische Untersuchung.

Abwasser.

Die Entnahmen fanden zu verschiedenen Tageszeiten aus dem Schachte nahe der Sielmündung statt. Die Fläschchen wurden vorsichtig eingetaucht, um Aufwühlen von Schlamm zu vermeiden, und alsbald auf dem Fahrrad ins Institut gebracht.

Als Nährboden diente bei allen den folgenden Untersuchungen eine aus Wasser, Pepton, Agar und Gelatine bestehende Zusammensetzung, die Herr G. Schütz[1]) im Institut ausprobiert und als am brauchbarsten für derartige Zwecke befunden hat. Dieses auf grund der Veröffentlichungen von Hesse und Niedner sowie anderen Autoren hergestellte Nährsubstrat hat den Vorteil, daß es mehr Keime erscheinen läßt als die gewöhnliche Fleischwasserpeptongelatine und die Verflüssigung von Bakterien mindert, ohne sie vollständig hintanzuhalten.

Tabelle 5.

Zählung der Keime des Kanalwassers.

Datum der Probenentnahme 1903/04	Stunde	Temperatur (° C.) von		Witterung	Wachstum-Tage	Versäumte Zeit bis zur Aussaat	Zahl der Bakterien in 1 ccm Abwasser
		Luft	Wasser				
3. XI.	2h. 30	10	9	trocken	6	15	2537000
14. XII.	9h. 15 früh	2	7	„	6	15	3117000
„	11h.	2	7	„	6	15	2840000
„	2h. 15	2	7	„	6	15	2486000
„	5h.	2	7	„	6	15	2183000
19. XII.	10h.	1,5	6	„	6	15	2337000
14. I.	1h. 30	6	7	wenig Niederschlag	6	10	2521000
17. III.	3h. 20	10	6	trocken	6	15	1940700
12. II.	9h. 10	5	6,5	starke Niederschläge	6	10	3140600
„	2h. 20	5	6,5	„ „	6	10	2840900
„	5h. 10 nachm.	5	6,5	„ „	6	10	2489000
26. IV.	11h. 30	11	8	trocken	6	10	2801400
2. V.	4h. 40	16	8,5	„	6	15	3240600
3. VI.	1h. 20	18	10	„	6	20	1532500
17. VI.	10h.	24,5	12,5	„	6	15	1410200
17. VII.	11h.	28	16	„	6	15	2389000

Nach erfolgter Entwickelung, niemals vor 6 Tagen, wurden die Schalen formalinisiert, nachher bei schwacher Vergrößerung (Leitz, Obj. 2, Okular 1) 30 Gesichtsfelder ausgezählt und die Keime auf 1 ccm Wasser berechnet.

[1]) G. Schütz, Der Reinlichkeitszustand künstlicher und natürlicher Mineralwässer nebst einer übersichtlichen Darstellung der gezüchteten Kleinwesen. Inaugural-Dissertation. Erlangen 1904.

Die Keimzahl schwankte zwischen 1,4 bis 3,2 Millionen. Der Durchschnitt aus sämtlichen Zahlen ist 2487900 Keime, also rund $2^1/_2$ Millionen. Am 12. Februar 1904 bei starkem Regen erschienen im Kanalwasser mit die höchsten Werte; doch kamen ähnliche Zahlen auch an trockenen Tagen vor.

Flufswasser.

Die Aussaaten erfolgten zum Teil aus Durchschnittsproben nach dem früher beschriebenen Vorgehen von Kruse, um zu erfahren, in welcher Weise die Bakterienzahl des ganzen Flußquerschnitts durch die Einleitung der städtischen Abwässer wächst. Außerdem wählte ich bestimmte Stellen im Flußquerschnitt aus, um Einsicht in die Verhältnisse am Ufer und in die Bewegung des Abwassers im Flusse zu erhalten.

Auch hier beschränkten sich die Untersuchungen auf eine kurze Strecke oberhalb und unterhalb der Sielmündung. Die Entnahmen fanden ungefähr an den gleichen Punkten statt wie bei der chemischen Untersuchung. Ich bediente mich dazu sterilisierter, mit Schrot beschwerter Flaschen von 100 ccm Inhalt nach den Angaben von Heim[1]). Sie wurden unter sorgfältiger Vermeidung von Stellen, an denen durch das Rudern der Boden aufgewühlt worden war, vom Kahne aus gefüllt und alsbald auf einem Fahrrad ins Laboratorium gebracht, wo die nötigen Vorbereitungen bereits getroffen worden waren.

Auf diese Weise konnte die Aussaat gewöhnlich zehn bis zwanzig Minuten nach der Entnahme stattfinden.

Zunächst zeigte sich, daß der Keimgehalt des Flußwassers in den Monaten Mai bis Juli erheblich höher ist als in den Monaten November bis April.

In den Durchschnittsproben waren unterhalb des Kanaleinflusses im Mittel 30 % mehr Keime als oben, in absoluten Zahlen war die durchschnittliche Bakterienzahl

oben 116764
unten 152606

Auch in diesen Untersuchungen war zu erkennen, daß sich die Hauptmenge des Abwassers am rechten Ufer bewegt. Die Mitte des Flusses zeigt etwas erhöhte Zahlen; auch an der

[1]) L. Heim, Lehrbuch der Bakteriologie. 2. Aufl. Stuttgart bei F. Enke, 1898. S. 536.

Tabelle 6.

Keimzählung des Flufswassers.

Datum der Proben-entnahme 1903/04	Stunde	Pegelstand	Temperatur (° C.) von Luft	Temperatur (° C.) von Wasser	Witterung	Wachstum, Tage	Vergangene Zeit bis zur Aussaat	Zahl der Bakterien in 1 ccm Wasser: Durchschnitt oben	oben rechts	oben links	oben Mitte	Durchschnitt unten	unten rechts	unten links	unten Mitte
3. XI.	2h. 30	75	10	5	trocken	6	15	—	—	—	82470	—	530700	94000	299000
14. XII.	9h. 15 früh	103	2	5	„	6	15	74180	—	—	—	103100	—	—	—
„	11h.	103	2	5	„	6	15	68745	—	—	—	100800	—	—	—
„	2h. 15	103	2	5	„	6	15	81590	—	—	—	107350	—	—	—
„	5h.	103	2	5	„	6	15	72360	—	—	—	99650	—	—	—
19. XII.	10h.	90	1,5	2	„	6	15	61450	—	—	—	83200	—	—	—
14. I.	1h. 30	80	6	4	wenig Niederschlag	6	10	—	—	—	96450	—	147850	95960	101340
17. III.	3h. 20	90	10	6	trocken	6	15	108510	—	—	—	129770	—	—	—
12. II.	9h. 10	180	5	5,5	starke Niederschläge	6	10	115440	—	—	—	141760	—	—	—
„	2h. 20	180	5	5,5	„ „	6	10	107960	—	—	—	139640	—	—	—
„	5h. 10 nachm.	180	5	5,5	„ „	6	10	94670	—	—	—	121300	—	—	—
26. IV.	11h. 30	78	11	9	trocken	6	10	77000	—	—	—	134800	—	—	—
2. V.	4h. 40	68	16	14	„	6	15	166890	—	—	—	259368	—	—	—
3. VI.	1h. 20	90	18	15,5	„	6	20	200760	190850	178750	208120	230500	384180	204180	252000
17. VI.	10h.	74	24,5	18,5	„	6	15	183150	—	—	—	198250	526350	181870	191950
17. VII.	11h.	55	28	22	„	6	15	222000	—	—	—	287000	581000	213000	231000

linken Seite ist noch eine Vermehrung gegen oben vorhanden, aber sie ist nicht mehr bedeutend. Bei Hochwasser waren die Unterschiede gegenüber normalem Wasserstande nicht sehr erheblich.

Untersuchung auf Bakterien der Koligruppe.

Um auch über die Frage Aufschluß zu erhalten, ob man dem Einfluß der Abwässer durch Verfolgung von Fäkalverunreinigungen in der Umgebung des Hauptsiels und in seinem Inhalte nachgehen könnte, habe ich mit einem neuerdings angegebenen Anreicherungsverfahren auf das Vorhandensein von Kolibakterien gefahndet, die sich in den angelegten Zählplatten nicht ohne weiteres hatten erkennen lassen.

Wenn auch in Erlangen eine getrennte Abführung der Fäkalien durch Einführung von Gruben besteht, so ist doch anzunehmen, daß welche mit den Überläufen ins Kanalwasser gelangen, und daß dies auch schon oberhalb geschieht, weil verschiedene Städte und Ortschaften, Fabriken und Badeanstalten am Flusse liegen. Ob dies nun tatsächlich der Fall ist, suchte ich mit dem Verfahren von Petruschky und Pusch[1]) herauszubringen.

Da es sich hier um stärker verunreinigte Wässer handelte, so wurde nur mit geringen Mengen und mit großen Verdünnungen gearbeitet.

Letztere legte ich vorschriftsmäßig in 3 Erlenmeyerschen Kölbchen A, B und C an, die je 50 ccm sterilen destillierten Wassers enthielten, und gab

in Kölbchen A 0,5 ccm des betr. Wassers,
„ „ B 0,5 „ von A,
„ „ C 0,5 „ „ B.

Von diesen drei Verdünnungen wurden je zwei Aussaaten von 0,1 ccm und 1 ccm in Bouillonröhrchen gemacht, außerdem 0,1 ccm und 1 ccm des unverdünnten Wassers in Bouillon ausgesät, und so acht Proben erzielt, die abgestufte Mengen von 1 ccm bis 0,0000001 ccm enthielten. Diese acht Röhrchen

[1]) J. Petruschky u. H. Pusch, Bakterium coli als Indikator für Fäkalverunreinigung von Wässern. Zeitschrift für Hygiene, Bd. 43, S. 304.

wurden in den Brutschrank gestellt. Was sich in solchen Bouillonröhrchen bei 37° entwickelt, heißen Petruschky und Pusch thermophile Bakterien, und wenn z. B. in dem Röhrchen, das 0,001 ccm Wasser enthält, noch eine Trübung auftritt, so ist 0,001 (= III) der Thermophilentiter des Wassers. Die beiden letzten getrübten Röhrchen sollen mittels Ausstreichen auf Agarplatten auf Kolibakterien weiter untersucht werden, zu denen Petruschky und Pusch vergärende bewegliche oder unbewegliche Arten rechnen. Bei diesem gelassenen Spielraum kann es nicht verwundern, wenn, wie die Autoren aus ihren Untersuchungen berichten, der Thermophilentiter mit dem Kolititer bei stark verunreinigten Wässern fast ausnahmslos übereinstimmte; auch ich habe bei dem hiesigen Fluß- und Abwasser diese Übereinstimmung bekommen. Wie beim sogen. Thermophilentiter wird der Verunreinigungsgrad mit I, II etc. bezeichnet, je nach den Nullen, die die Verdünnungszahl enthält; finden sich Kolibakterien in der mit 0,1 ccm angelegten Verdünnung, so ist der Verunreinigungsgrad I, bei 0,01 ccm II u. s. w.

Sowohl im Flußwasser oberhalb wie unterhalb des Kanaleinflusses und im Kanalwasser wurde der Thermophilen- und Kolititer festgestellt, und zwar letzterer durch Aussaat auf Gelatineplatten und Impfung in Lackmusmolke. Bei zwei Untersuchungen am 14. Januar und am 6. Mai 1904 ergab sich:

Für Flußwasser (Durchschnittsprobe) oberhalb des Kanalwassereinflusses

der Thermophilentiter 0,001 und
der Kolititer . . . 0,001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad III.

Für Flußwasser (Durchschnittsprobe) unterhalb des Kanalwassereinflusses

der Thermophilentiter 0,0001 und
der Kolititer . . . 0,0001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad IV.

Für Kanalwasser (Stichprobe Mittags 2 Uhr)

der Thermophilentiter 0,000001 und
der Kolititer . . . 0,000001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad VI.

Für Wasser unterhalb des Kanaleinflusses von der rechten

Seite des Flusses aus dem durch das Kanalwasser erzeugten Schmutzstreifen

der Thermophilentiter 0,00001 und
der Kolititer . . . 0,00001

entsprechend dem Verunreinigungsgrad V.

Demnach wäre also das Sielwasser reich an „Kolibakterien" und vermehrte die im Flusse bereits vorhandenen derartigen Keime. Ob aber wirklich alle diese als Kolikeime nach Petruschky und Pusch zusammengefaßten Bakterien aus Fäkalien stammen, muß dahingestellt bleiben.

Die Sauerstoffzehrung in Proben von Fluſs- und Abwasser.

Unter den verschiedenen Verfahren, die bei den neueren Untersuchungen über Flußverunreinigungen eingeschlagen wurden, um weitere und bessere Anhaltspunkte für die Beurteilung und Begutachtung zu gewinnen, sind besonders die von Rubner und seinen Schülern bemerkenswert, von denen einige im vorhergehenden bereits berücksichtigt worden sind, nämlich die Fällungsanalyse der suspendierten Stoffe und die Planktonerforschung, ein Drittes ist die Ermittelung der Sauerstoffzehrung, die Spitta[1]) zur Beurteilung der Verunreinigung herangezogen hat.

Seinen Literaturhinweisen zufolge hat Gérardin vor ungefähr 30 Jahren beobachtet, daß in ruhig stehen gelassenem Regenwasser der vorhandene Sauerstoff abnimmt, ferner, daß vom Hofe gesammeltes Regenwasser ihn rascher verliert.

Reichard[2]) hat in einer ebenfalls 1875 veröffentlichten Arbeit über den Gasgehalt des Wassers unter anderm nachgewiesen, daß der Sauerstoffgehalt von Regenwasser, das auf Torf stand, schon nach wenigen Stunden nahezu verschwunden war. Knauthe[3]) beobachtete bei seinen Untersuchungen schon nach kurzer Zeit Abweichungen im Sauerstoffgehalt des Wassers

[1]) O. Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. II. Oxydative Vorgänge im Flußwasser. Archiv für Hygiene, Bd. 38, S. 215.

[2]) Reichard, Luft und Wasser. Archiv für Pharmazie 1875, Bd. 3, Heft 3.

[3]) Knauthe, Der Kreislauf der Gase in unsern Gewässern. Biologisches Zentralblatt, Bd. 18, Heft 22.

und sprach sich dahin aus, daß der Sauerstoffverbrauch in organisch verunreinigten Wässern viel zu beträchtlich sei, als daß er durch Zufuhr aus der Luft gedeckt werden könnte.

Nachdem also nachgewiesen ist, daß Wasser und Boden beim Stehen an der Luft Sauerstoff verbrauchen, glaubte Spitta in umgekehrter Weise aus dem Sauerstoffverbrauch auf die Größe der abgelaufenen Zersetzungen zurückschließen zu dürfen und fand diese Vermutung in seinen Untersuchungen bestätigt. Die Abnahme des ursprünglich vorhandenen Sauerstoffs konnte er sowohl im reinen (filtrierten) Wasser der Berliner Leitung, als auch in unreinem Wasser finden, wenn die angesetzten Proben durch eine 3 cm dicke Schicht von Paraffinum liquidum vom Luftzutritt abgeschlossen worden waren. Ein Unterschied war insofern vorhanden, als der Sauerstoffgehalt im filtrierten Leitungswasser im Laufe von 7 Wochen von 5,30 auf 0,10 ccm im Liter absank, während in einem Gemisch von Kanalwasser mit Leitungswasser im Verhältnis von 1 : 15 schon in den ersten 24 Stunden ein rapider Abfall der Sauerstoffmenge von 7,17 auf 0,28 ccm statthatte, der im Laufe von 6 Wochen allmählich auf 0 zurückging.

Die Ursache dieser Sauerstoffzehrung ist „zum weitaus überwiegenden Teil an die Gegenwart von Bakterien geknüpft", denn nachdem Spreewasser, das binnen 2—4 Tagen einen Abfall seines Sauerstoffgehaltes von 3,55 auf 0,89 und 0,04 ccm in der verschlossenen Flasche gezeigt hatte, vorher im Dampf sterilisiert worden war, konnte Spitta eine nennenswerte Sauerstoffabnahme unter den gleichen Verhältnissen nicht mehr beobachten, auch wenn das Wasser vorher durch Schütteln mit Luft sauerstoffreicher gemacht worden war.

Diese Versuche Spittas an unserem Wasser nachzuprüfen, schien mir unter Einführung einer Änderung vorteilhaft. Letztere bestand darin, daß den aufgestellten Wässern oder ihren Verdünnungen mehr Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird, als in ihnen von Haus aus vorhanden ist, weil die aërobe Zersetzung in einer vollkommen gefüllten und abgeschlossenen Flasche oder unter einer Paraffindecke zu sehr behindert ist. Wie reichlich bei Zersetzungsvorgängen Sauerstoff aus der Luft angezogen wird, geht aus einer Versuchsreihe von Spitta hervor, bei der das filtrierte Wasser der Berliner Leitung und ein mit ihm

vermischtes Kanalwasser offen an der Luft stehen gelassen wurde. Im Leitungswasser betrug der Sauerstoffgehalt anfangs 8,16, nach 3 Wochen 8,25 ccm im Liter, im Kanalwassergemisch anfänglich 0,28, nach 3 Wochen 4,61 und nach 7 Wochen 6,26 ccm; er war also ganz beträchtlich gestiegen.

Die Messung der Menge des bei den Zersetzungsvorgängen aufgenommenen Sauerstoffs erschien nun dadurch möglich, daß man dem zu prüfenden Wasser eine bestimmte abgemessene Menge Luft zur Verfügung stellte und nach einiger Zeit nachsah, wieviel von den normalerweise in der Luft vorhandenen 21 Volumprozenten Sauerstoff daraus verschwunden wäre. Ganz vollkommen entspricht ja auch diese Anordnung den Vorgängen, wie sie bei freiem Luftzutritt statthaben, nicht, wie das in der Tabelle Nr. 7 niedergelegte Ergebnis zeigt; aber es kommt doch der Wirklichkeit bedeutend näher als in dem vollständig von der Luft abgeschlossenen Flascheninhalt.

Ich brachte eine gewisse Menge Luft mit unreinem Wasser in eine Flasche von bekanntem Inhalt und verschloß sie mit einem durchbohrten Gummistopfen; die Durchbohrung war mit einer Glasröhre versehen, die einen mit Glasstab verschlossenen Gummischlauch trug, so daß nach Bedarf Luft aus der Flasche abgesaugt werden konnte. Dieses Gemenge von Wasser und Luft ließ ich zunächst in einer umgekehrten, mit dem Stopfen unter Wasser tauchenden Flasche eine Woche stehen und untersuchte hierauf die darin enthaltene Luft auf ihren Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff. Hierzu benutzte ich die Bunte-sche Bürette. Als Absorptionsmittel für die Kohlensäure diente Natronlauge, für Sauerstoff alkalische Pyrogallollösung.

Eine fehlerfreie Entnahme von Luft aus den Flaschen wurde auf folgende Weise vorgenommen und gelang nach einiger Übung:

Der Auslauf des Dreiwegehahns an der Bunteschen Bürette wurde durch einen kurzen Gummischlauch mit einem dünnen und kurzen Glasröhrchen verbunden, das an Stelle des Glasstabes in den von der Flasche austretenden Gummischlauch gesteckt wurde; vorher wurde die Bürette samt dem anhängenden Glasröhrchen mit Wasser vollständig gefüllt, damit beim Eintritt der Flaschenluft keine Luft aus der Atmosphäre in die Bürette gelangen konnte. War so die Verbindung her-

Tabelle 7.

Sauerstoffzehrung von Abwasser, Flufswasser etc.

Bezeichnung des untersuchten Wassers	Datum der Probenentnahme 1904	Nach wieviel Tag. untersucht?	Verhältnis von Wasser : Luft	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in der angegeb. Zeit	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in 1 Minute
Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	—	6	5 : 8	42,5	0,29
Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	—	6	5 : 8,6	28,8	0,20
Abwasser	26. I.	6	5 : 8,2	206,8	1,44
„	„	6	5 : 8	204,1	1,42
„	„	6	5 : 17	223,2	1,55
„	„	6	5 : 18	238,7	1,65
Abwasser mit der gleichen Menge destill. Wassers verdünnt	„	7	5 : 8,6	131	0,78
„	„	10	5 : 8,6	168	0,70
Abwasser, sterilisiert	„	10	5 : 8	—	—
Abwasser	3. II.	5	1 : 30	316,1	2,63
„	„	5	1 : 10	267	2,23
Abwasser mit der gleichen Menge destill. Wassers verdünnt	„	5	1 : 10	136,6	1,14
Abwasser	5. II.	6	1 : 10	253	1,76
Abwasser mit der gleichen Menge destill. Wassers verdünnt	15. II.	6	1 : 10	134	0,93
Abwasser mit Flußwasser gemischt	„	8	1 : 10	182,5	0,95
„	„	8	1 : 15	186,8	0,97
„	„	8	1 : 20	219,6	1,15
„	„	10	1 : 10	175	0,73
„	„	10	1 : 20	202,1	0,84
„	„	14	1 : 10	230,5	0,69
„	„	14	1 : 15	222,5	0,66
„	„	21	1 : 20	227	0,45
„	„	21	1 : 20	217,7	0,43
Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	25. II.	10	1 : 20	149	0,62
„	„	10	1 : 20	155	0,64
Abwasser	8. III.	2	1 : 10	135,4	2,82
„	„	4	1 : 10	194,4	2,02
„	„	8	1 : 10	289,5	1,51
„	„	10	1 : 10	292,6	1,22
„	„	47	1 : 10	496,0	0,44
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	17. III.	4	1 : 10	22,8	0,24
„	„	8	1 : 10	32,7	0,17
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	4	1 : 10	32,4	0,34
„	„	8	1 : 10	42,4	0,22
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	22. III.	8	1 : 10	33,4	0,174
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	8	1 : 10	44,1	0,23
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	26. IV.	10	1 : 5	36,3	0,15

Fortsetzung der Tabelle 7.

Bezeichnung des untersuchten Wassers	Datum der Probenentnahme 1904	Nach wieviel Tag. untersucht?	Verhältnis von Wasser : Luft	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in der angegeb. Zeit	Sauerstoffzehrung von 1 l Wasser in 1 Stunde
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	26. IV.	10	1 : 5	48,3	0,20
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	4. V.	10	1 : 5	37,4	0,15
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	10	1 : 5	47,1	0,20
Abwasser	„	8	1 : 10	274,5	1,43
„	„	8	1 : 10	277,2	1,44
„	„	10	1 : 10	291,4	1,21
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	23. V.	4	1 : 5	21,2	0,22
„	„	6	1 : 5	27,8	0,19
„	„	8	1 : 5	31,9	0,17
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	4	1 : 5	33,6	0,35
„	„	6	1 : 5	42,9	0,29
„	„	8	1 : 5	49,8	0,25
Durchschnittsprobe von Flußwasser oberhalb des Kanaleinflusses	17. VI.	6	1 : 5	24,3	0,17
Durchschnittsprobe von Flußwasser unterhalb des Kanaleinflusses	„	6	1 : 5	40,1	0,28

gestellt, so wurde die Saugflasche an die Bürette angesetzt und mit ihrer Hilfe etwa 100 ccm der Flaschenluft in die Bürette übergeführt. Ein hierbei in der Bürette entstehender luftverdünnter Raum wurde durch Eintritt von Wasser aus dem Näpfchen wieder ausgeglichen.

Es zeigte sich, daß eine Menge Sauerstoff verschwunden und Kohlensäure gebildet worden war. Eine genaue quantitative Analysierung der Gesamtkohlensäure, wozu die im Wasser absorbierte gehörte, wurde unterlassen.

Die danach erhaltenen Werte für die Sauerstoffzehrung waren viel größer als bei Spitta. Die Versuche, die ich mit Abwasser, mit Verdünnungen davon und mit Flußwasser vornahm, ergaben, wie die Tabelle 7 zeigt, deutliche Unterschiede voneinander. Während Spitta durch seine Versuche im Spree- und Havelwasser eine Sauerstoffzehrung von 0,005 bis 0,076 ccm für 1 l und 1 Stunde erhielt, bekam ich nach

meiner Untersuchungsmethode z. B. aus Wasser der Regnitz oberhalb des Kanaleinlaufs der Stadt Erlangen eine Sauerstoffzehrung von 0,17 ccm, unterhalb 0,22 ccm für 1 Stunde und 1 l Wasser[1]).

Diese Resultate stammen aus Proben, die 8 Tage lang mit Luft im Verhältnis 1:10 in verschlossenen Flaschen sich selbst überlassen worden waren.

Da, wie erwähnt, Spitta bei verdünntem Kanalwasser gefunden hatte, daß unter Luftabschluß der Abfall der Sauerstoffmenge in den ersten 24 Stunden rapid vor sich ging, habe ich die Luft über einer Abwasserprobe zu verschiedenen Zeiten geprüft. Dazu verteilte ich sie in 5 Flaschen und stellte den Sauerstoffgehalt in der beschriebenen Weise zu 5 verschiedenen Zeiten fest; das Ergebnis war folgendes:

Nach Tagen	Gesamtzehrung an O für 1 l in ccm	Durchschnittlich für 1 Stunde in ccm
2	135,4	2,82
4	194	2,02
8	289	1,51
10	292	1,22
47	496	0,44

Auch hier fiel das Maximum der Sauerstoffzehrung auf den Anfang, der Abfall ging aber allmählich vor sich.

Man könnte annehmen, daß diese Verlangsamung ihren Grund in dem immer geringer werdenden Sauerstoffvorrat habe. Das trifft aber nicht zu, weil dieses Gas, wenn auch sein Partialdruck geringer wurde, immer noch in genügender Menge zur Verfügung stand, um das Leben der Mikroorganismen und ihre physiologischen Leistungen ungeschwächt zu erhalten. Denn der Sauerstoff war in den verschiedenen Versuchen bei

[1]) Bei diesen Untersuchungen diente mir B. Neumanns Gasanalyse und Gasvolumetrie (1901) als Leitfaden. Für genaue Gasanalysen ist besonders darauf zu achten, daß das Sperrwasser Zimmertemperatur besitzt: ferner muß vor dem Ablesen stets der Überdruck des Gases mit dem unteren Hahn reguliert werden, damit kein Gas entweicht. Das Ablesen hat nach einer genau einzuhaltenden Zeit von 3 Minuten zu geschehen.

ein- bis mehrwöchentlicher Beobachtungsdauer niemals ganz aufgebraucht; es waren immer noch 10 und mehr Volumprozente in der Luft der Flasche vorhanden.

Die Abnahme der Zersetzungsvorgänge ist aber jedenfalls darin zu suchen, daß die Tätigkeit der Mikroorganismen durch Ausfaulung der Flüssigkeit abnimmt. Einen Beweis dafür bringt folgende Zusammenstellung von Bakterienzählungen in einer Flasche, die mit Abwasser in der in Rede stehenden Art und Weise aufgestellt worden war.

Es fanden sich:

	Keime
Sofort nach der Entnahme	3395000
Nach 1 Tage	10579000
„ 2 Tagen	11484000
„ 4 „	8721000
„ 6 „	5569000
„ 12 „	3263000
„ 17 „	3240000
„ 20 „	2801000

Es lag mir ferner daran, zu erfahren, welche Veränderungen in chemischer Beziehung in der abgeschlossenen Flasche vorgehen. Zu diesem Zwecke untersuchte ich eine Probe von verdünntem Abwasser 1:10, die am 3. Februar 1904 entnommen und 7 Tage in der umgekehrten Flasche unter Luft aufbewahrt worden war, auf Gehalt an Gesamtabdampfrückstand und Glühverlust; eine weitere ähnliche Probe vom 8. März 1904 auf Gesamtfett, Gesamtstickstoff, organischen Stickstoff und auf Oxydierbarkeit; in beiden Fällen auch auf den Sauerstoffgehalt der überstehenden Luft.

	Am 3. II. mg	Am 10. II. mg	Abnahme in %
Gesamtabdampfrückstand . . .	711	540	24
Glühverlust	390	197	49
Glührückstand	321	342	Zunahme 7%
Sauerstoffzehrung in 7 Tagen .	—	278 ccm im l	—
Sauerstoffzehrung in 1 Stunde .	—	1,65 ccm im l	—

	Am 8. III. mg	Am 15. III. mg	Abnahme in %
Gesamtfett	86,3	43,9	49,5
Gesamtstickstoff	56,56	56,48	—
Organischer Stickstoff	21,24	14,30	33
Oxydierbarkeit (Verbrauch an Kaliumpermang.)	230,7	98,0	57,5
Sauerstoffzehrung in 7 Tagen .	—	292,6 ccm im l	—
Sauerstoffzehrung in 1 Stunde .	—	1,73 ccm im l	—

Hieraus hat sich auch im Laboratoriumsversuch der Vorgang der Mineralisierung erkennen lassen; das Wasser hat in der Flasche eine Reinigung erfahren, ohne daß neue Luft Zutritt hatte; selbstverständlich werden dabei Anaërobier mit am Werke gewesen sein, solche werden auch in einer offenstehenden Flasche nicht fehlen, denn bei Gegenwart von Aërobiern können selbst die strengsten Anaërobier leben und ihre Wirkung entfalten.

Um den Unterschied im Mineralisierungsvorgang zu erfahren, habe ich eine Abwasserprobe nach 10tägigem Stehen offen an der Luft, sowie eingeschlossen in eine Flasche mit Luft im Verhältnis von 1:10 untersucht und folgende Zahlen erhalten:

	Sogleich nach der Entnahme	Nach 10 Tagen	
		offen	in der Flasche
Gesamtabdampfrückstand . .	785	470 = 40,1 % Abnahme	556 = 29,1 % Abnahme
Glühverlust . .	385	115 = 70,1 % „	150,5 = 60,8 % „
Glührückstand .	400	355	406
Oxydierbarkeit . (mg $KMnO_4$)	376	60,6 = 84,0 % „	75,8 = 79,8 % „

Beim Stehen unter freiem Luftzutritt ist also die Selbstreinigung etwas günstiger beeinflußt gewesen als in der abgeschlossenen Flasche, sehr groß war aber der Unterschied nicht.

Ferner suchte ich die Verhältnisse anstatt in einem Abwasser in einem ausgesprochen gärfähigen Substrat nach Zusatz von Gärungserregern zu ermitteln und nahm mit Wasser

im Verhältnis 1:300 verdünnte Bierwürze, der ich etwas Preßhefe zusetzte, ließ sie in gleicher Weise in der abgeschlossenen und umgestürzten Flasche gären und bestimmte die Sauerstoffzehrung und die Änderung der chemischen Zusammensetzung der Nährlösung nach einem Zeitraum von 10 und 36 Tagen.

	Vor dem Ansetzen mg	Nach 10 Tagen mg	Abnahme %	Nach 36 Tagen mg	Abnahme %
Abdampfrückstand .	2021,5	1445	28,5	817,5	59,5
Glühverlust	1794	1217	32	580	67,7
Glührückstand . . .	227,5	228	—	237,5	—
Oxydierbarkeit . . .	224,4	135,9	39,4	83,11	62,9
Sauerstoffzehrung . .	—	421 ccm	—	1136 ccm	—
Sauerstoffzehrung . .	—	1,75 ccm	(1 Stunde)	1,31 ccm	(1 Stunde)

Wie zu erwarten, ließen sich in diesem Versuche im Prinzip ähnliche Verhältnisse feststellen, wie wenn man Abwasser der Tätigkeit der in ihm enthaltenen Mikroorganismen überläßt, wenn auch die prozentische Abnahme bei der Verschiedenheit von Mikroorganismen und Nährboden verschieden war; in der gärenden Würze ist sie im Laufe von 10 Tagen wesentlich gegeringer gewesen als in faulendem Sielwasser.

Was nun die Erfolge betrifft, die die beschriebene Methode für die Beurteilung der Flußwasserverunreinigung hatte, so geht aus Tabelle 7 hervor, daß Flußwasser, am 17. Juni 1904 oberhalb des Kanaleinflusses entnommen, eine Sauerstoffzehrung von 24,3 ccm in 6 Tagen für 1 l zeigt, unterhalb des Kanaleinflusses 40,1 ccm. Dies entspricht einer stündlichen Sauerstoffzehrung im ersten Falle von 0,17 ccm im Liter, im anderen Falle von 0,28 ccm im Liter. Es ließ sich also ein deutlicher Unterschied in den Verhältnissen von oberhalb gegenüber unterhalb des Kanaleinflusses nachweisen und so ein Aufschluß über die Verunreinigung gewinnen.

Außerdem kann die Untersuchung als Ergänzung bei der bakteriologischen Keimzählung dienen. Rubner[1]) hat bereits

[1]) Rubner, M., Das städtische Sielwasser und seine Beziehung zur Flußverunreinigung. Archiv für Hygiene, Bd. 46, S. 11.

darauf hingewiesen, daß die Vermehrung der Keimzahl durch harmlose oder gleichgültige Wasserbakterien bedingt sein kann, denen eine besondere Wirkung hinsichtlich der Verunreinigung nicht zukommt. Soweit die Reinigung des Wassers in Frage kommt, werden sie in der Flasche ihre Tätigkeit entfalten. Was also der bakteriologischen Untersuchung entgeht, nämlich die Einblicke in die Leistung der vorhandenen Bakterien bezüglich der Zersetzung organischen Materials, das wird durch die vorliegende Untersuchungsmethode ergänzt, denn wir sehen hier die Ergebnisse der Tätigkeit der Mikroorganismen.

Natürlich werden erst weitere Nachprüfungen darüber Aufschluß geben können, ob tatsächlich die Methode, die sehr einfach auszuführen ist, für die Gewinnung eines Einblickes in die Verhältnisse einer Flußverunreinigung etwas leistet oder nicht.

Ich versuchte schließlich die Methode der Sauerstoffzehrung auch für den Flußboden zu verwerten.

Zu diesem Zwecke verfuhr ich folgendermaßen: Von Flußboden, den ich mit dem Schleppnetz oberhalb und unterhalb des Kanaleinflusses entnommen hatte, wog ich 500 g ab, stellte in einem Meßzylinder das Volumen fest und spülte dann den Boden mit 100 ccm destilliertem Wasser in eine Flasche von bekanntem Inhalt. Das Verhältnis von Boden zu Luft war nun bekannt. Behufs Umrechnung auf 1 kg getrockneten Boden bestimmte ich noch den Wassergehalt und Siebrückstand. Hierauf wurde die Flasche verschlossen, 8 Tage bei Zimmertemperatur umgekehrt aufgestellt und dann der Sauerstoffgehalt in ihr mit der Bunteschen Bürette ermittelt. Es ergaben sich folgende Resultate:

	Verzehrte ccm Sauerstoff:			
	vom 5. V. bis 13. V.	vom 14. V. bis 22. V.	für 1 Stunde und 1 kg	für 1 Stunde und 1 kg
	I	II	I	II
Flußboden oberhalb	231,8	208,7	1,20	1,09
Flußboden unterhalb	383,8	341,4	2,0	1,78

Es haben sich also auch beim Flußboden deutliche Unterschiede in der Sauerstoffzehrung oberhalb gegenüber unterhalb des Kanaleinlaufs ergeben.

Schlufs.

Aus den vorliegenden Darstellungen ist ersichtlich, daß die Verunreinigungen, die die Regnitz durch die Einmündung des Erlanger Hauptsiels erfährt, bereits 50 m weiter abwärts nicht so beträchtlich sind, als man nach der Größe der Stadt voraussetzen könnte. Sicherlich ist der Umstand günstig, daß der größte Teil der menschlichen Fäkalien nicht in den Fluß gelangt. Mit der Einrichtung der Abfangung der Klosettabwässer in Gruben hängt es auch wohl zusammen, daß nicht so sehr viel größere Schwimmstoffe im Fluß gesehen werden, wie man in Städten beobachtet, die Vollkanalisation haben und ihre Abwässerung ungereinigt in den Fluß gehen lassen. Immerhin wäre zu wünschen, daß wenigstens die gröberen Schwimmstoffe, die noch trotz jener Abfangung in den Vorfluter gelangen, und auch feinere vor dem Einlauf des Sielwassers beseitigt würden.

Was den Verschmutzungsgrad, den der Fluß durch die Abwässer Erlangens erleidet, anbetrifft, so ist nach den hier niedergelegten Untersuchungen nicht anzunehmen, daß er sich auf weite Strecken besonders nachteilig und sinnfällig bemerkbar macht; die Verdünnung, die auf 1:315 bei Niederwasser berechnet wurde, ist nicht gering, und die Geschwindigkeit des Flusses ist groß genug, um die Schmutzstoffe fortzuschaffen, vermutlich aber nicht so groß, um sie auf sehr weite Strecken hin zu verteilen.

Die oft schmutzige Farbe der Regnitz ist schon oberhalb Erlangens vorhanden und dürfte wohl hauptsächlich den dort liegenden größeren Städten zuzuschreiben sein, deren Abwässern gegenüber die von Erlangen gering anzusehen sind. Weiteren Untersuchungen soll es, wie erwähnt, vorbehalten bleiben, ein Urteil zu gewinnen, wie groß die Verunreinigung durch die übrigen anliegenden Städte ist, und ob die durch die Erlanger Abwässer bedingte Verunreinigung sich tatsächlich nicht auf weitere Entfernungen hin bemerkbar macht.

Es bleibt mir zum Schlusse noch übrig, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. L. Heim, unter dessen liebenswürdiger Leitung und Unterstützung vorliegende Arbeit entstanden ist, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Ferner danke ich Herrn Professor Dr. H. Solereder für die gütige Übernahme des Referats aufs beste.

Studien zur Geschichte Galileis.

Von Eilhard Wiedemann.

Wenn die auf den folgenden Seiten mitgeteilten Studien auch weniger Neues bringen, als ich bei dem Beginn der Arbeit erwartete, so regen sie vielleicht doch den einen oder anderen zur Beschäftigung mit den Werken eines der Heroen des Menschengeschlechtes an.

Eines der schönsten Denkmäler, das je Nationen einem ihrer großen Gelehrten gesetzt haben, ist die nationale Ausgabe der Werke Galileis, die unter der hervorragenden Leitung von Herrn Professor Favaro in Padua steht. Mit unermüdlichem Eifer werden nicht nur die Werke Galileis und sein Briefwechsel gesammelt, sondern auch die Schriften und Briefe, die sich mit ihm und seinen Leistungen befassen.

Herr Professor Favaro hat z. B. gefunden, daß in einigen Briefen von M. Bernegger, die in der Treuschen Briefsammlung unserer Universitätsbibliothek[1]) sich befinden, Galilei erwähnt wird. Auf seine Veranlassung habe ich die betreffenden Stellen abgeschrieben und veröffentliche sie mit seiner Zustimmung nebst einer Übersetzung.

Wie ich nach der Abschrift und teilweisen Bearbeitung der Briefe fand, sind sie zusammen mit anderen, die sich zum Teil auf Galilei beziehen, zum Teil von ihm herrühren, schon von E. Wohlwill[2]), freilich ohne Übersetzung, publiziert worden, und zwar aus Handschriften der Hamburger Stadtbibliothek. Diese be-

[1]) J. C. Irmischer, Handschriftenkatalog der kgl. Universitätsbibliothek in Erlangen, Kodex 1821 (nach Irmischer Nr. 7, in Wirklichkeit Nr. 23), im Selbstverlag Frankfurt a. M. und Erlangen 1832.

[2]) E. Wohlwill, Galilei betreffende Handschriften der Hamburger Stadtbibliothek. Jahrbuch der Hamburger wissenschaftlichen Anstalten, 12, S. 147, 1894.

sitzt zwei Quartbände, in denen Bernegger für nahezu fünfhundert Briefe an Gelehrte, Schüler und Freunde die Entwürfe, zumeist mit eigener Hand, eingetragen hat. Die Briefe sind übrigens schon früher, wie auch E. Wohlwill angibt, von E. G. Richter[1]), wenn auch sehr ungenügend, veröffentlicht worden.

E. Wohlwill hat in seiner Abhandlung sowohl den Briefen als auch den Fragen, die mit ihnen zusammenhängen, eine eingehende interessante Besprechung gewidmet.

Da die Briefe an Kaspar Hofmann, ein Mitglied der früheren Universität Altdorf, mit der unsere Erlanger Universität auf das innigste zusammenhängt, gerichtet sind, so dürfte ihr Abdruck in den Sitzungsberichten der physikalisch-medizinischen Sozietät wohl gestattet sein. Die Abweichungen zwischen dem Konzept und den Briefen selbst sind äußerst geringfügig und lassen daher für die anderen Briefe im Konzeptbuch annehmen, daß auch ihnen die abgesandten entsprechen.

Es handelt sich im folgenden um Briefe vom 21. Juli 1638 und 10. März 1639, die von Matthias Bernegger in Straßburg an Kaspar Hofmann in Altdorf gerichtet sind. Der zweite Brief ist wesentlich schlechter geschrieben als der erste; es mag dies mit einer im Brief erwähnten Krankheit des Verfassers zusammenhängen. Über Schreiber und Empfänger der Briefe sei zunächst einiges mitgeteilt:

Matthias B. Bernegger[2]) ist am 8. Februar 1582 zu Hallstadt, einer damals protestantischen Stadt in Oberösterreich

---

[1]) Georgii Richteri, J. C. eiusque familiarium epistolae selectiores ad viros nobilissimos clarissimosque datae ac redditae. Norimbergae Anno 1662.

[2]) Über Berneggers Lebenslauf enthalten u. a. folgende Werke Angaben: Allgemeine deutsche Biographie, 2, S. 412; H. Boeclerus, In obitum M. Berneggeri. Argentoratum 1640, S. 22, auch abgedruckt in Orationes etc., Argentorati 1705, S. 155; J. Brucker, Ehrentempel der deutschen Gelehrsamkeit, Augsburg (J. J. Haid), 1747, S. 151 und vor allem C. Bünger, Matthias Bernegger, ein Bild aus dem geistigen Leben Straßburgs zur Zeit des dreißigjährigen Krieges, Straßburg (K. J. Trübner) 1893. Dies Buch enthält eine äußerst lesenswerte Schilderung von Berneggers Leben und Wirken; dabei haben seine mathematischen Arbeiten und seine Übersetzungen der Galileischen Schriften eingehende und sachgemäße Behandlung erfahren; in dieser Schrift finden sich auch weitere Literaturnachweise.

geboren; er nennt sich daher auch Austriacus. Nach längeren Wanderjahren wurde er in Straßburg im Elsaß zunächst Professor der Geschichte und später der Beredsamkeit. Er besaß ganz ungewöhnliche Kenntnisse auf den verschiedensten Gebieten: in den alten Sprachen, der Geschichte, der Mathematik.

Die letzteren Studien haben ihn unter anderen in Beziehungen zu Kepler und Galilei gebracht, die, den damaligen Verhältnissen entsprechend, in einem lebhaften Briefwechsel ihren Ausdruck fanden.

Der Briefwechsel mit Kepler ist abgedruckt in Epistolae Joannis Kepleri et Math. Berneggeri mutuae. Argent. 1672. Ausgiebig benutzt sind diese Briefe und zum Teil abgedruckt in der großen Ausgabe der Kepplerschen Werke von Ch. Frisch[1]).

Von folgenden drei Galileischen Schriften hat Bernegger Übersetzungen[2]) angefertigt.

1. Über den geometrischen und militärischen Zirkel. Il compasso geometrico e militare, veröffentlicht in der Edizione nazionale Vol. II, p. 337. Die Schrift erschien zuerst 1606. In der Berneggerschen Übersetzung ist abgekürzt der Titel: Galilaei

---

[1]) Keppleri, Opera omnia ed. Ch. Frisch, 8 Vol. 8° (Vol. I, Francof. 1858). Zu bedauern ist, daß der Herausgeber der Kepplerschen Werke, die doch vor allem für Naturforscher und Mathematiker von Interesse sind, nicht den verbindenden Text deutsch abgefaßt hat. Bei dieser Gelegenheit sei es gestattet den Wunsch auszusprechen, daß bei der Herausgabe von griechischen und lateinischen Klassikern, die nicht nur den Philologen interessieren, deren Studium nicht dadurch unnötig erschwert werde, daß die Einleitung etc. lateinisch geschrieben wird; die Erschwerung ist dadurch um so größer, als oft das Latein des Herausgebers schwieriger zu verstehen ist als dasjenige des alten Autors. Galilei, der seine Schriften zum großen Teil zunächst italienisch veröffentlichte, kann da als ein Beispiel dienen. Wenn im 17. Jahrhundert der Deutsche Bernegger Galileis Schriften ins Lateinische übersetzte, so tat er es, um sie dadurch dem ganzen Erdkreis zugänglich zu machen. Jetzt ist es aber nur in ganz besonderen Fällen entschuldbar, wenn ein deutscher Verfasser seine Arbeiten in Deutschland in einer fremden Sprache erscheinen läßt, oft nur, um zu zeigen, daß er noch in einer anderen als seiner Muttersprache, wenn auch häufig recht mangelhaft, schreiben kann.

[2]) Vgl. auch Niceron, Mémoires pour servir à l'histoire des hommes illustres etc. Bd. 27, 323, Paris 1734.

de Galilaeis Tractatus de proportionum instrumento a se invento ex italico latine per Matthiam Berneggerum. Argent. 1612 in 4°. Eine zweite unveränderte Ausgabe derselben Übersetzung ist 1635 in Straßburg gedruckt. Bernegger hat der Schrift wichtige Zusätze beigefügt.

2. Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme. Dialogo di Galileo Galilaei, dove . . . si discorre sopra i due massimi sistemi del Mondo, Tolmaico e Copernicano. Das Buch wird kurz als Il Dialogo dei Massimi Sistemi oder auch I Massimi Sistemi zitiert und steht in der Edizione nazionale Vol. VII, p. 1. Es erschien zuerst 1632. Bernegger hat der Schrift zwei Titelblätter gegeben, auf dem ersten heißt der Titel: Dialogus de systemate mundi, auctore Galilaeo Galilaei Lynceo . . . Augustae Treboc. 1635; auf dem zweiten ist er ausführlicher; eine Wiedergabe desselben ist nicht nötig. Das als Druckort angegebene „Augusta Trebocorum" ist Straßburg (Argentoratum); die Bezeichnung ist eine Gelehrtenspielerei, dem Augusta Ubiorum etc. wird ein Augusta Trebocorum analog gebildet, da um Straßburg die alten Treboci gewohnt hatten. Deutsch ist das Werk herausgegeben von E. Strauß unter dem Titel: Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, das ptolemäische und das kopernikanische, von Galileo Galilei. Leipzig 1891, B. G. Teubner.

3. Lettera a Madama Cristina di Lorena, Granduchessa di Toscana. Der Brief steht in der Edizione nazionale Vol. V, p. 307. Die wichtigen einleitenden Bemerkungen finden sich ebenda S. 263 ff. Der Brief ist 1615 von Galilei an die Großherzogin von Toskana Christina von Lothringen geschrieben, aber nicht publiziert. Dies geschah erst durch Bernegger im Jahre 1636 in Straßburg unter dem langen Titel: Nova antiqua sanctissimorum patruum et probatorum theologorum doctrina de Sacrae Scripturae testimoniis, in conclusionibus mere naturalibus, quae sensata experientia, et necessariis demonstrationibus evinci possunt, temere non usurpandis, in gratiam Serenissimae Lotharingae, Magnae ducis Hetruriae privatim ante complures annos, Italico idiomate conscripta a Galilaeo Galilaeo . . . nunc vero juris publici facta, cum Latina versione Italico textui simul adjuncta. Augustae Treboc. 1636.

oder deutsch: Neue und doch alte Lehre der heiligsten

Väter und erfahrener Theologen darüber, daß die Zeugnisse der heiligen Schrift nicht blindlings dann anzuwenden seien, wenn es sich um rein natürliche Schlüsse handelt, die durch verständig angestellte Versuche und die erforderlichen Darlegungen dargetan werden können. Das Werk hat zwei Titelblätter; jedes mit einem Stich von dem Kupferstecher Jakob van Heyden, das eine stellt Aristoteles, Ptolemäus und Kopernikus dar, das andere Galilaei. In dem Verzeichnis der Heydenschen Stiche in Nagler, Allgemeines Künstlerlexikon, fehlen dieselben.

Das Studium gerade dieses Briefes bietet hohes historisches und kulturhistorisches Interesse. Sein Inhalt könnte noch heutzutage oft beherzigt werden.

Die Publikation des eben erwähnten Briefes geschah gleichzeitig in italienischer und lateinischer Sprache, sodaß die beiden Texte nebeneinander stehen. Um Galilei, gegen den um diese Zeit schon von seiten der Kirche energisch vorgegangen wurde, vor dem Verdachte zu schützen, als ob er bei der Veröffentlichung beteiligt gewesen sei, wurden besondere Maßnahmen getroffen. Als Vorrede diente ein Brief vom 6. Januar 1635 von Robertus Robertinus aus Danzig, in dem dieser erzählte, er habe vor 15 Jahren (also 1620) von Italien den Brief an die Großherzogin mitgebracht, und in dem er Bernegger zu der Übersetzung auffordert. Dieser Brief rührt aber von Diodati her und ist nur fälschlich aus Danzig datiert. In einem gleichfalls abgedruckten Antwortschreiben an Robertinus vom 1. Februar 1636 bedauert Bernegger die lange Verzögerung des Druckes der Übersetzung; er habe aber früher keine Zeit gehabt, und sie sei von Diodati in Paris besorgt worden. Diese Angaben konnten um so eher Glauben finden, als Robertus Robertinus[1]) in der Tat ein Schüler von Bernegger war. Über ihn sei folgendes mitgeteilt: Robert Roberthin ist am 3. März 1600 zu Saalfeld in Preußen geboren und starb am 7. April 1648 zu Königsberg. In den Jahren 1620/21 studierte er in Straßburg, wo er bei Bernegger, dem Mittelpunkt des geistigen Lebens in der Stadt, wohnte. Später machte er als Begleiter von vornehmen

[1]) Vgl. auch Allgemeine deutsche Biographie, Bd. 29, S. 722, 1889.

Adeligen eine Reihe von Reisen, so 1630 nach Italien. Ein Eingehen auf seine Lebensschicksale und seine Tätigkeit in literarischer Hinsicht würde zu weit führen. (Angaben und Verweise finden sich in dem erwähnten Buche von Bünger, ferner behandelt diese Verhältnisse G. G. Gervinus, Geschichte der deutschen Dichtung, 5. Aufl., Bd. III, S. 325, Leipzig 1872.)

Zu beachten ist, daß Robertinus 1630 und nicht 1620 in Italien war, dagegen kam E. Diodati[1]) 1620 nach Italien.

Die Berneggersche Übersetzung des Systema Mundi und des Briefes an Madama Cristina ist in Deutschland recht selten; ich habe sie von der Hamburger Stadtbibliothek erhalten[2]), der ich dafür besten Dank sage.

In dem zweiten Brief von Bernegger an Hofmann ist noch ein Buch, von dem die Kapiteleinteilung mitgeteilt ist, mit höchstem Lob genannt.

Es ist das 1638 erschienene Werk:

Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno a due nuove Scienze attenenti alla Meccanica e ai Movimenti Locali, del Signor Galileo Galilei Linceo, Filosofo e Matematico primario del Serenissimo Gran Duca di Toscana, con una Appen-

[1]) A. Favaro, Mem. del R. Istituto Veneto Bd. 24, S. 241, 1891.

[2]) In demselben Bande findet sich noch folgende Schrift: Jacobi Lansbergi Medicinae doctoris apologia pro commentationibus Philippi Lansbergi in motum terrae diurnum et annuum: adversus Libertum Fromondum Theologum Lovaniensem et Joan. Baptistam Morinum Doct. Med. et Parisiis Mathematum Professorem Regium. Middelborgi Zeelandiae. Apud Zachariam Romanum 1633. J. Lansberg verteidigt in dieser Schrift gegen K. Fromond und B. Morin die Ausführungen seines Vaters Philipp Landsberg vom Jahre 1629 in den „Commentationes" über die tägliche und jährliche Bewegung der Erde, d. h. über das kopernikanische Weltsystem, wie auch eine Figur auf dem Titelblatt lehrt. Philipp Lansberg (1561—1632) war Prediger in Antwerpen und Tergoes. Während demnach unmittelbar nach Aufstellung der kopernikanischen Lehre Hauptvertreter der Reformation wie Melanchthon sie bekämpfen und die katholische Kirche sich ihr gegenüber nicht unfreundlich verhält, tritt am Anfang des 17. Jahrhunderts ein evangelischer Geistlicher für sie ein, kurz ehe Galileis Werke in Rom auf den Index gesetzt werden. (Melanchthon schreibt in einem Brief an B. Mithobius vom 16. Oktober 1541 (in Corp. Ref. IV, 679) . . . Sie glauben, es sei eine vorzügliche Tat, eine so absurde Sache hervorzuheben wie jener sarmatische Astronom, der die Erde bewegt und die Sonne fest macht. Wahrlich weise Regenten müßten die Dreistigkeit (petulantiam) der Geister eindämmen.)

dice del Centro di gravità di alcuni Solidi. In Leida, appresso gli Elzeviri 1638 in-4to.

Die „Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno a due nuove Scienze" stehen in der Edizione nazionale, p. VIII, Vol. 1, der Anhang, in dem die Sätze über den Schwerpunkt behandelt sind, Vol. I, p. 187—208.

Dieses Werk ist deutsch erschienen in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften Nr. 11, 24 und 25 in einer Übersetzung von A. von Oettingen unter dem Titel: Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend.

Das Buch wird im allgemeinen als Dialoghi delle nuove Scienze bezeichnet. Es ist in Form von Unterredungen abgefaßt, die sich über 4 Tage erstrecken, von den S. 282 und 283 aufgeführten Kapiteln entspricht je eines einem Tag. Das Kapitel 5, der Anhang, ist älteren Untersuchungen entnommen. Dies Werk dürfte das bedeutendste Galileis sein und ist viel zu wenig bekannt, wie A. von Oettingen mit Recht betont.

Am Schlusse der Übersicht der für uns in Betracht kommenden Schriften sei noch auf ein vorzügliches bibliographisches Hilfsmittel für alle Studien über Galilei hingewiesen, nämlich A. Carli ed A. Favaro, Bibliografia Galileiana (1568—1895), Roma 1896.

Wir wenden uns nun zu Kaspar Hofmann[1]). Er ist am 9. November 1572 in Gotha geboren und starb am 3. November 1648 in Altdorf. Nachdem er in Straßburg, Altdorf und auch in Padua studiert hatte, wurde er in Altdorf Professor und lebte dort etwa 40 Jahre. Seine wissenschaftliche Tätigkeit war vor allem einer Herausgabe des Galen bezw. der Sammlung der Materialien zu einer solchen gewidmet.

C. Hofmann war ein Hauptgegner der Lehre vom Blutkreislauf und konnte von seiner Ansicht auch nicht durch einen persönlichen Besuch Harveys in Altdorf am 18. Mai 1638 abgebracht werden. Indes zeigt dieser Besuch ebenso wie der Ton in den Briefen Berneggers, welchen Ansehens C. Hofmann und die Universität Altdorf sich damals erfreute.

[1]) Zum Leben etc. von C. Hofmann vgl. Allgemeine deutsche Biographie Bd. 12, S. 635, 1880 und Wilh. Nopitsch, Nürnbergisches Gelehrtenlexikon Bd. 6, S. 109, 1805.

Von Briefen von Bernegger an Hofmann besitzt die Erlanger Universitätsbibliothek eine größere Anzahl. Der Inhalt der meisten behandelt neben persönlichen Mitteilungen philologische Fragen. Zwei der Briefe enthalten, wie erwähnt, Bemerkungen in Bezug auf Galilei.

Die betreffenden Stellen[1]) und ihre Übersetzungen lauten:

I. Aus dem Briefe[2]) vom 21. Juli 1638.

De Galileo non valde me perculisti, qui sciam, ipsum simulate, non serio dixisse quae dixit. Anni sunt 20 et quod excurrit, cum amicorum rogatu, ex italico converti tractatum ipsius de instrumento proportionum. Ea versio cum non displicuisset, internuncio Deodato Jurisconsulto Parisiensi, rogavit me, ut item systema suum Copernicanum vertendum susciperem, ex alto tamen dissimularem, me hoc precibus suis dedisse. Feci et in id comparata ad lectorem praefatio est, ut editionis crimen ab auctore depulsum in alios conferatur. Nam quae de Engelke et ceteris scripsi, fictitia pleraque sunt. Engelke librum ne per somnium quidem vidit. Habeo binas ab auctore litteras, unas latine, alteras Hetrusco idiomate scriptas, elegantissimas utrasque et humanissimas, in quibus magnas pro navata opera gratias agit: et ne ante carcerem scriptas existimes, istum squalorem et persecutionem illam (quae potissimum a Scheinero jesuita quodam auctore et instinctore proficiscitur) patienter a se ferri ostendit. Velim ad manum sit epistola (nec enim jam vacat inquirere) describerem verba, mascula profecto et vero philosophica. Videreris Tibi Socratem quendam in carcere concionantem audire. Quin etiam Telescopio, gratisissimo non minus ac pretioso munere transmisso suam in me benevolentiam testatam reddidit. Deodatus quem dixi, scripsit ad me nuper ista: Galilaeus noster, qui nuper Lynceus, visu nunc orbatus et penitus caecus perpetuisque tenebris immersus vitam ducit, satis ceteroquin, pro aetate, obfirmata valetudine; animo invicto, corpori vires ministrante. Haec ille. u. s. w.

Argentorati, 21. Julii 1638.

---

[1]) Herrn Oberbibliothekar Dr. Zucker und Herrn Bibliothekar Dr. Mitius, die mich bei der Benutzung und Bearbeitung der Briefe auf das liebenswürdigste unterstützt haben, sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

[2]) E. Wohlwill, Nr. 99, S. 221.

Übersetzung des Briefes vom 21. Juli 1638.

In Bezug auf Galilei hast Du mich nicht sehr erschreckt, da ich weiß, daß er seine Äußerung zum Schein und nicht im Ernst getan hat. Vor mehr als zwanzig Jahren habe ich auf Bitten der Freunde seinen Traktat über das Instrument der Proportionen aus dem Italienischen übersetzt. Da ihm diese Übersetzung nicht mißfallen hatte, so bat er mich durch Vermittelung des Advokaten Diodati in Paris, ich möchte ebenfalls die Übersetzung seines kopernikanischen Systems übernehmen, aber auf das sorgfältigste verheimlichen, daß ich dies auf seine Bitten hin getan habe. Ich habe es getan, und in der dabei an den Leser gerichteten Vorrede wird das Vergehen, daß das Buch herausgegeben wird, dem Verfasser abgenommen und auf andere abgewälzt. Denn was ich von Engelke und den anderen schrieb, ist zum größten Teil erfunden. Engelke hat das Buch nicht einmal im Traume gesehen. Ich besitze vom Verfasser zwei äußerst gewandt geschriebene, liebenswürdige Briefe[1]), von denen der eine lateinisch, der andere italienisch abgefaßt ist; in ihnen bedankt er sich sehr für die aufgewandte Mühe. Damit Du aber nicht meinst, daß er sie vor seiner Einkerkerung geschrieben habe, so wisse, daß aus ihnen hervorgeht, wie er eben diese traurige Lage und die Verfolgung mit Geduld erträgt, die besonders in Scheiner, einem gewissen Jesuiten, ihren Urheber und ihre Triebfeder hat. Ich wollte, daß mir sein Brief zur Hand wäre, (zum Suchen habe ich keine Zeit); dann würde ich seine Worte abschreiben, die fürwahr männlich und wahrhaft philosophisch sind. Du würdest im Kerker einen Sokrates reden hören. Sein Wohlwollen hat er mir durch Übersendung eines Teleskopes bewiesen; ein Geschenk, das mir ebenso willkommen wie wertvoll ist.

Der oben erwähnte Deodati schrieb mir kürzlich: Unser Galilei, der vor kurzem noch ein Luchs (Lynceus) war, ist jetzt des Augenlichtes beraubt und bringt ganz erblindet in fortwährender Finsternis sein Leben dahin, während im übrigen seine Gesundheit für sein Alter noch hinlänglich gefestigt und sein Geist unbesiegt ist und dem Körper seine Kräfte liefert.

Straßburg, 21. Juli 1638.

---

[1]) Dies sind wohl von den Briefen, die E. Wohlwill mitteilt, Nr. 46. S. 192 vom 17. Cal. Aug. = 16. Juli 1634 und Nr. 89, S. 214 vom 15. Juli 1636,

II. Aus dem Briefe[1]) vom 10. März 1639.

Epistolae Galilaei non deposui memoriam, et pridem haberes apographum, si ea in promptu mihi esset. Abscondita latet in indigesto illo cumulo litterarum, qui in hoc biennali morbo, ut omnia alia mea, redditus multo confusior. Nunc constitui disponere, et in tomos distributas concinnare: nec immemor ero, ut par est, officii promissique. Si mortuus est, ut scribis, Galilaeus, nuper admodum id factum oportuit. Nam proximo mercatu nostro, id est, sub exordium huius anni, per Deodatum Parisiensem Advocatum et salutem mihi nunciavit, et librum suum Leydae ab Elzeviriis excussum dono misit, quem aliis suis operibus omnibus anteponit. Ejus libri praecipua capita si cognoscere placet, ista sunt: 1. Scientia nuova prima, intorno alla resistenza dei corpi solidi all' essere spezzati. 2. Qual potesse esser la causa di tal coerenza. 3. Scientia nuova altra dei movimenti locali, cioè, dell' equabile: del naturalmente acelerato 4. Del violento, overo dei projetti. 5. Appendice di alcune proposizioni e dimostrazioni attenenti al centro di gravità dei solidi. Sane credo imposuisse tibi quisquis est ille, qui de morte, atque etiam de carcere retulit. Nunquam audivi de carcere, stricto illo quidem. Nam *ἄδεσμον* istam *φυλακήν*, qua praedioli cuiusdam sui finibus, Cardinalium Collegii mandato circumscriptus est, proprie carcerem non dixeris. Id autem est Arcetri, prope Florentiam, quo loco praefationem sane quam elegantem, in librum quem dixi, uno abhinc anno confecit. A quo tempore cum oculorum defluxionibus laborare coepisset, eas purgando depulsuri medici, virum penitus excaecarunt, ut idem Deodatus, ipsi familliarissimus, ad me scripsit u. s. w.

Argentorati, 10 Martii 1639.

Übersetzung des Briefes vom 10. März 1639:

Den Brief Galileis habe ich nicht vergessen, und Du würdest sehr bald eine Abschrift erhalten, wenn ich ihn zur Hand hätte. Er liegt aber versteckt in den ungeordneten Haufen von Briefen, die während meiner zweijährigen Krankheit, wie alle meine anderen Sachen, nur noch mehr in Verwirrung geraten sind. Jetzt habe ich aber den festen Entschluß gefaßt, die Briefe zu ordnen, sie in einzelne Bände zu verteilen und zurechtzulegen.

[1]) E. Wohlwill, Nr. 101, S. 222.

Dann werde ich, wie es nur billig ist, meiner Pflicht und meines Versprechens mich erinnern. Wenn Galilei[1]), wie Du schreibst, gestorben ist, so muß dies vor ganz kurzem eingetreten sein. Denn bei unserer letzten Messe, d. h. am Anfang dieses Jahres, hat er durch einen Pariser Advokaten, Deodati, mir sowohl seinen Gruß übermitteln lassen als auch sein Buch, das in Leyden bei den Elzevirs gedruckt ist, als Geschenk übersandt; es ist das Buch, welches er von allen seinen Werken am höchsten schätzt.

Die Hauptkapitel dieses Buches sind, wenn es Dich interessiert sie kennen zu lernen:

1. Erste neue Wissenschaft, über den Widerstand der festen Körper gegen ein Zerrissenwerden.

2. Was wohl Ursache dieser Cohaerenz sein könnte.

3. Zweite neue Wissenschaft über die lokalen Bewegungen, nämlich über die gleichförmige Bewegung. Über das von Natur aus Beschleunigte.

4. Über das Heftige oder die geschleuderten Körper.

5. Anhang über einige Propositionen und Demonstrationen, die sich auf den Schwerpunkt der festen Körper beziehen.

Ich glaube aber, daß, wer es auch sein mag, der Dir von seinem Tode und seinem Kerker berichtet hat, Dich falsch unterrichtet hat. Niemals habe ich von einem Kerker gehört, obgleich er in seiner Freiheit beschränkt war. Denn jene Freiheitsbeschränkung (φυλακή) ohne Fesseln (ἄδεσμος), durch die er auf Befehl des Kardinalskollegiums auf den Umkreis seines Landgutes beschränkt worden ist, kann man nicht wohl einen Kerker nennen. Das Landgut ist Arcetri in der Nähe von Florenz; dort schrieb er auch vor einem Jahre die höchst elegante Vorrede zu den eben erwähnten Buch. Von jener Zeit an begann er an einem Augenfluß (Katarrh) zu leiden; die Ärzte, die diesen durch Abführmittel (purgando) heilen wollten, haben ihn völlig blind gemacht, wie mir eben jener Deodati, der mit ihm sehr befreundet ist, geschrieben hat.

Geschrieben zu Straßburg 10. März 1639.

M. Bernegger.

Zu den Briefen sei zunächst das Folgende bemerkt; einige

---

[1]) Galilei starb erst am 8. Januar 1642.

Nachrichten über Engelcke und Diodati sollen sich anschließen.

1. Interessant ist, wie Bernegger Scheiner als Haupttriebfeder der Verfolgungen Galileis hinstellt. Seine Gegnerschaft gegen die Jesuiten dürfte schon aus seiner Jugend stammen. Die Beziehungen von Galilei und Scheiner sind von A. von Braunmühl eingehend erörtert worden, wobei er z. T. zu Ansichten gelangt, die von denen der italienischen Gelehrten abweichen; er würdigt vor allem auch Scheiners Verdienste. Den Braunmühlschen Anschauungen schließt sich E. Strauß[1]) in der Einleitung zu seiner Übersetzung des Dialoges über die beiden Systeme nicht an. Es wird wohl auch für diese Frage nicht so leicht eine vollkommen sichere Lösung zu finden sein.

2. Bernegger erwähnt in seinem Briefe nicht die Herausgabe des Briefes von Galilei an Cristina di Lorena, vielleicht weil die Übersetzung nicht von ihm selbst, sondern von E. Diodati angefertigt war, vielleicht auch deshalb, weil der Brief als Appendix zu der Übersetzung des Dialogo dei Massimi Sistemi, die 1635 in Straßburg publiziert wurden, im Jahre 1636 erschien, wenn auch als ein besonderer Band und mit besonderer Paginierung.

3. Aus einem Briefe von Galilei an Bernegger[2]) ersehen wir, daß Galilei nicht von sich aus, sondern auf des letzteren Bitten ihm das Fernrohr geschickt hat; Bernegger wollte nicht nur die Linsen haben, sondern auch das Rohr. Galilei entschuldigt sich durch die Schwierigkeiten des Transportes, daß er das Instrument erst relativ später schickt. Es ist, wie er angiebt, 2 braccia (Ellen) lang.

4. Die im zweiten Briefe erwähnte Einleitung zum Systema copernicanum möge hier, soweit sie auf Engelcke Bezug hat, in der Übersetzung mitgeteilt werden. Sie zeigt, wie wenig genau unter Umständen es die Gelehrten des 17. Jahrhunderts mit der Wahrheit nahmen und im vorliegenden Fall auch nehmen mußten. Die Ausführungen Berneggers zeigen aber auch, ebenso wie die von anderen, wie man in weiten Kreisen

[1]) A. von Braunmühl, Christoph Scheiner, Bamberg 1891. E. Strauß a. a. O., S. XXX.

[2]) E. Wohlwill Nr. 89, S. 215.

das kopernikanische Weltsystem nicht als eine neue Anschauung, sondern als eine vom Altertum überlieferte auffaßte, wie schon der Name für dasselbe Samia Philosophia (Samische Philosophie) lehrt[1]).

Die betreffenden Stellen lauten:

... Zu den Genossen gehörte Benjamin Engelcke, ein Preuße aus Danzig, ein Mann von vornehmem Geschlecht, durch Rang, mannigfache Kenntnisse und Tugend ausgezeichnet, den ich vor über 2 Jahren, als er aus Italien zurückkehrte, als Gast bei mir aufnahm: mir brachte dies einen Lohn, über den ich mich nicht zu beklagen hatte ... Unter anderem berichtete er, daß er bemerkt habe, daß in Italien gelehrte Männer, die er persönlich oder dem Ruf nach kannte, der samischen Philosophie im höchsten Grade zustimmten; diese Philosophie, die der Erde die Bewegung, der Sonne aber und dem Firmament festes Beharren zuschreibt, ist vor etwa 2000 Jahren von Aristarch und Pythagoras, beide aus Samos, aufgestellt worden; sie wurde dann von allen denen, welche mehr als das gewöhnliche Volk zu wissen wagten, zu allen Zeiten verteidigt und ist im verflossenen Jahrhundert von Kopernikus wieder zum Leben erweckt worden. Engelcke zeigte mir auch das Systema Copernicanum, das er in Florenz gekauft hatte; es ist verfaßt von Galilaeo Galilaei, dem weit berühmten Philosophen und Mathematiker des Großherzogs von Toskana, einem Manne von höchster Gelehrsamkeit und bewunderungswerter Urteilskraft. Dies Buch las ich hintereinander von Anfang bis zu Ende; da

[1]) Die Zurückführung des kopernikanischen Systems auf Pythagoras ist nicht richtig. Als echt pythagoraeisch ist anzusehen die Lehre von einer im Mittelpunkt des gleichfalls sphärischen Weltraumes stehenden Erde, um die sich Saturn, Jupiter, Mars, Venus, Merkur, Mond, Sonne und der Fixsternhimmel drehen. Philolaus nahm als Weltmittelpunkt ein allbelebendes Zentralfeuer (nicht die Sonne) an. Das Zentralfeuer wird uns durch eine Gegenerde verdeckt, die mit der Erde um dasselbe kreist. Erst Aristarch von Samos stellt sich auf den kopernikanischen Standpunkt. (*Ψαμμίτης* in Archimedis opera ed. Heiberg, Bd. 2, p. 244, Leipzig 1881.) (Vgl. hierzu J. Günther und W. Windelband, Geschichte der antiken Naturwissenschaft und Philosophie, p. 67. C. H. Beck, Nördlingen 1888.) Hingewiesen sei auch auf die wichtigen Arbeiten von H. Staigmüller, Herakleides Pontikos und das heliozentrische System. z. B. Archiv für Geschichte des Philosophie, Bd. 15, S. 141, 1902.

Engelcke aus dem Eifer, mit dem ich es durchlas, ersah, wie hoch ich es schätzte, glaubte er es mir zur Erinnerung für meine Gastfreundschaft bei seiner Abreise anbieten zu sollen, freilich mit der zu harten Bestimmung, dass ich es ins Lateinische übersetze und so die ganze gebildete und gelehrte Welt daran teilnehmen lasse, da es italienisch geschrieben nur von wenigen verstanden würde. Ich lehnte nicht ohne weiteres seine Forderung ab, denn ich fürchtete, ich möchte dieses ausgezeichneten Geschenkes verlustig gehen, wenn ich einfach nicht auf seine Bedingung einginge; es war ein Geschenk, das kaum anderswoher zu erwerben war, da der Handel nach dem Ausland durch die Zeitverhältnisse unterbunden war. Aber ich band mich auch nicht durch ein so festes Versprechen, daß ich es nicht ohne Verlust an Vertrauen und Achtung hätte brechen können, wenn ich gewollt hätte. Bei genauerer Überlegung trat mir auch nicht wenig entgegen, das mich davon abhielt, diese Arbeit kühn zu unternehmen. Zunächst dachte ich, daß die Sache als ein Zeichen schlechter Sitte und als ein schlechtes Beispiel aufgefaßt werden könne, wenn ich das Werk eines Schriftstellers nach meinem Belieben in ein fremdes Gewand kleide, ohne daß ich den Verfasser vorher befragt, der dies vielleicht, wenn er es wüßte, verboten hätte . . .

Bernegger führt dann neben anderem noch an, daß ihm von den Elzevirs (den großen Verlegern), von Boxhorn und anderen Gelehrten zur Übersetzung zugeredet worden sei.

5. Über die Einleitungen zu den Übersetzungen des Systema copernicanum und des Briefes an Madama Christina und die in ihnen enthaltenen falschen Angaben spricht sich Bernegger selbst in einem Briefe an Diodati vom 24. April 1635[1]) folgendermaßen aus.

„In der Vorrede, von der Du anbei zwei Exemplare erhältst, habe ich die Fabel so ausgeschmückt, daß ich fast glaube, daß die Veröffentlichung der Bücher dem Verfasser nichts schaden wird, selbst wenn sie schon jetzt erfolgen würde. Indes ist doch nicht alles erdichtet. Denn wahr ist, daß Engelcke aus Danzig sowohl in Italien gewesen ist als auch bei mir gewohnt hat: daß er dann Leyden besucht, daß Box-

[1]) E. Wohlwill a. a. O., S. 202.

horn aus Leyden in seinem und Hortensius Namen mich zur Übersetzung des Systema ermahnt hat, ebenso daß Robertinus, von dem ich angebe, daß er mir die Apologetik gebracht, mehrere Jahre sowohl in Italien als in meinem Hause zugebracht hat.

6. Wir teilen noch einen Brief von Bernegger[1]) an Galilaeo Galilei mit, den ihm Engelcke übergeben sollte; ob er in des großen Italieners Hände gelangt ist, ist nicht festgestellt. Der Brief lautet:

An Galilaeus Galilei in Florenz.

Unvergleichlicher und erhabener Mann! Dein kopernikanisches System hat Elias Diodati, ein Bewunderer Deines berühmten Namens, vor kurzem aus Paris an mich geschickt und mich veranlaßt, es ins Lateinische zu übersetzen, damit an diesem kostbaren Werk, das nur für Italien geschrieben ist, das ganze übrige Europa teil habe. Eigentlich hätte ich, da ich mir meiner geringen Fähigkeiten bewußt und durch andere Pflichten meines Amtes in Anspruch genommen bin, diesen Auftrag ablehnen müssen; ich habe ihn aber dennoch gerne übernommen, besonders da mir Diodati mitteilte, daß Dir meine Übersetzung Deines Buches über das Instrument der Proportionen, die ich vor etwa 20 Jahren gemacht habe, und die vor wenigen Jahren in Deine Hände gekommen ist, nicht mißfallen hat. Daher habe ich die Hoffnung, daß ich auch bei diesem höchst nützlichem Werk einigermaßen Deiner Erwartung genügen und es in diesem Winter vollenden werde. Schon bin ich einigermaßen vorangekommen, dies hat mit eigenen Augen Dr. Benjamin Engelcke aus Danzig gesehen, ein hervorragender Mann, der Dir diesen Brief ehrerbietig übergeben wird; bei seiner großen Begierde, alles Berühmte kennen zu lernen, wünscht er jetzt Italien, die Königin des Erdkreises, und vor allem Dich, das glänzendste Gestirn nicht nur Italiens, sondern auch des Weltkreises, die Du beide mit Deinen unsterblichen Schriften erleuchtet hast, von Angesicht zu Angesicht kennen zu lernen.

30. Sep. 1633.

7. Über die in den Briefen erwähnten E. Diodati und D. Engelcke enthält das Folgende einige Angaben.

---

[1]) E. Wohlwill, Nr. 16, S. 175.

Über Elias Diodati[1]) hat A. Favaro die vorhandenen freilich ziemlich dürftigen Nachrichten gesammelt.

Die Familie Diodati stammte aus Lucca, einer Stadt Mittelitaliens; Elisabeth Arnolfini, Witwe von N. Diodati, von dem sie einen Sohn Pompeo hatte, heiratete in zweiter Ehe Giuliano Calandrini, aus der eine Tochter Laura entsproß. In Lucca hatte die Bewegung einer religiösen Reform zunächst günstigen Boden gefunden. Als die Republik von Lucca gezwungen wurde, gegen die Anhänger dieser Richtung vorzugehen, verließ 1566 auch G. Calandrini mit seiner Familie ihre Heimat. Aus einer Ehe zwischen P. Diodati und Laura Calandrini wurde am 11. Mai 1576 in Genf unser Elias Diodati geboren. Diodati war einer der hervorragendsten Rechtsgelehrten und Advokaten am Parlament zu Paris. Er machte, wie aus seinem Briefwechsel hervorgeht, zahlreiche Reisen. Am 21. Dezember 1661 starb er hochbetagt in Paris in trauriger Weise; er war nahe am Feuer eingeschlafen, sein Hemd entzündete sich, er erlitt schwere Brandwunden, an denen er, nachdem Gangrän hinzugetreten war, elend starb.

Die Hauptbedeutung Diodatis liegt in seinen Beziehungen zu zahlreichen Gelehrten seiner Zeit und vor allem zu Galilei. Sie brachte es mit sich, daß er Bernegger zu den Veröffentlichungen der Galileischen Werke veranlaßte, die für die Weiterentwicklung der Astronomie und Physik von so hoher Bedeutung werden sollte.

Elias Diodati ist nicht mit Giovanni Diodati, dem in allen biographischen Wörterbüchern zitierten Übersetzer der Bibel, zu verwechseln; von E. Diodati findet sich in ihnen keinerlei Erwähnung.

8. Von Engelcke wissen wir aus Briefen, die Wohlwill mitteilt, daß er im Herbst 1633 nach Italien mit einem Brief von Bernegger an Galilei (vom 30. September 1633) reiste; aus einem Brief vom 26. November 1633 aus Venedig ersehen

[1]) Die Literatur über E. Diodati findet sich bei A. Favaro, Carteggio edito ed inedito di Galileo Galilei con Elia Diodati. Memorie R. Istituto Veneto, Bd. 24, S. 237, 1891; vgl. auch R. Wolf, Vierteljahrsschrift d. naturforsch. Gesellsch. in Zürich, Bd. 8, S. 96, 1863 und Bd. 15, S. 111, 1870. Briefe zwischen Diodati und Galilei hat A. Favaro veröffentlicht, solche zwischen ihm und Bernegger E. Wohlwill.

wir, daß er Berneggers Schreiben nach Florenz geschickt hat; er hat sich in Padua aufgehalten, um Italienisch zu lernen. Den Empfang des Briefes bestätigt Bernegger am 14. Januar 1634. Er lobt dabei seinen Stil etc., woraus wohl zu schließen ist, daß Engelcke ein junger Mann war. Von dem Mai 1634 ist ein Brief Engelckes aus Paris, aus dem wir ersehen, daß er vorher in Lyon gewesen, zugleich erfahren wir, daß Engelcke nicht Galilei persönlich gesprochen hat, wohl aber mit ihm korrespondiert habe. Ein panegyrisches Gedicht, das er dem Großherzog von Toskana überreichte, hat ihm nur freundliche Worte eingetragen. Einen Dank für seine Bemühungen und begeisterte Lobsprüche auf den oben erwähnten Panegyrikus sendet dann Bernegger am 19. Mai 1634 nach Paris.

Ein Benjamin Engelcke aus Danzig hat am 17. September 1633 in Altdorf eine Reihe juristischer Thesen verteidigt[1]). Aus dem unten mitgeteilten dürfte sich ergeben, daß es unser Engelcke war; in der Schrift selbst fanden sich keine Angaben. Es schien nun möglich, daß dieser Engelcke von Bernegger an C. Hofmann empfohlen worden sei, oder wenigstens daß seiner in den Briefen Erwähnung geschehen sei. Es findet sich aber in den anderen in Erlangen vorhandenen Briefen von Bernegger nichts über Engelcke.

Herr Professor Dr. Momber in Danzig war so liebenswürdig, auf eine Anfrage mir folgendes mitzuteilen: „Nach den Notizen eines Geschlechtsregisters der Danziger Schöppen und Ratsherren hatte ein Andrian Engelcke (16. Jahrh.) einen Sohn Benjamin. Die Söhne dieses Benjamin hießen Adrian und Benjamin. Adrian hatte nach rühmlich vollendeten Studien bedeutende Reisen gemacht, eine Zeit lang in Wien gelebt, erwarb sich Verdienste um die Ordnung und Vermehrung der Ratsbibliothek und hinterließ gründliche und gelehrte Abhandlungen über die Rechte und Geschichte seiner Vaterstadt.“

Über seinen Bruder Benjamin gibt eine Grabrede, die auch sein Bildnis in Kupferstich nebst drei Distichen enthält, nach Herrn Prof. Momber folgende Aufschlüsse.

„Benjamin Engelcke ist 1610 den 16. Oktober geboren.

---

[1]) In der Erlanger Universitätsbibliothek in der Altdorfer Samml., Jurisprudenz Nr. 38.

Sein Vater hieß ebenfalls Benjamin und war Quartiermeister eines löblichen hohen Quartiers, seine Mutter Elisabeth war eine geborene Siefert.

„Im 20. Jahre seines Alters ging er mit Ruhm auf die Ausländischen Akademien Leipzig, Jena, Altorff. Und ob Ihn nun gleich der Grundgütige Gott mit einem sehr fähigen und zu allen guten Künsten ganz tüchtigen ingenio versehen hatte, also daß ihm auch vor andern oftmals vergönnt gewesen, einen deutlichen Blick in das wunderbare und verborgene Reich der Natur hinein zu tun, hat Er doch solcher schönen und Lobwürdigen Contemplation sich gern enthalten wollen, damit er der Juris Prudentz u. s. w.

Von Altorff nach 3jähriger Frist ging er auf Straßburg. Von dort die Reise über Mayland-Italien hinaus, daß er zu Padua, Florentz und Pisa vornehmlich seine Studie ernstlich continuieret und bei vielen vornehmen Leuten sich bekannt gemacht habe. Nach völliger Besehung des schönen Landes ging er über Marsilien in Frankreich hinein (Lion, Paris, Engelland). Nach 7jähriger Abwesenheit kehrte er heim.“

Weitere Daten sind Heirat 1541, 23. April mit Anna Maria Rossau. Er hatte 5 Söhne und 5 Töchter, 1646 wurde er Schöppe, 1662 Ratsstuhl, 1666 Richter, 1667 Burggraf. Gestorben ist er 1680 den 24. April.

Die Grabfeier und Beisetzung fand am 6. Mai in der Oberpfarrkirche zu St. Marien statt.

9. Der Widerspruch zwischen den Vorreden Berneggers zu seinen Übersetzungen und den Briefen an Hofmann und Diodati hat eingehende Erörterungen hervorgerufen. Aus dem Berneggerschen Briefe an Hofmann scheint hervorzugehen, daß er selbst von Galilei zur Übersetzung des Systema aufgefordert worden sei und ihm Galilei selbst ein Verschweigen dieser Tatsache auferlegt habe. Dies ist aber nach E. Wohlwill mit anderen Briefen und bekannten Tatsachen nicht im Einklang; er kommt zu dem Schluß, daß zwar Bernegger diese Ansicht gehabt habe, daß aber der Vermutung Raum bleibt, daß Diodati Bernegger absichtslos durch nicht unzweideutige Wendungen veranlaßt hat, als gewiß zu betrachten, was ihm in so hohem Maße ehrenvoll erschien. Nach Wohlwill muß als möglich auch die weitergehende

Deutung zugelassen werden, daß eine Täuschung im gleichen Sinne hervorzurufen der Berechnung des klugen und hingebenden Vermittlers entsprochen hätte.

Des Deutschen Berneggers Verdienst ist es jedenfalls, das tiefeinschneidende Werk Galileis weiteren Kreisen zugänglich gemacht zu haben, als dies seinem großen Verfasser selbst möglich war.

Erlangen, im Januar 1905.

Versuche über die Erzeugung hochwertiger Agglutinationssera und über die Beziehungen zwischen Bakterien und Agglutinin.

Von Werner Rosenthal.

Aus dem hygienisch-bakteriologischen Institut der Universität Erlangen.

Nach einem Vortrag in der Sitzung vom 18. Januar 1904, abgeschlossen im Mai 1904.

Die Versuche, über welche ich hier kurz berichten will, waren veranlaßt durch die große Bedeutung, die das Agglutinationsphänomen in diagnostischer Hinsicht hat, sowohl für die klinische Diagnose durch Feststellung einer spezifischen Wirkung des Serums eines Kranken auf eine bestimmte Bakterienart, als auch für bakteriologische Untersuchungen durch Feststellung der spezifischen Wirkung eines künstlich erzeugten Immunserums auf einen fraglichen Bakterienstamm.

Für die letztere Untersuchungsmethode gilt es allgemein als wünschenswert, ein möglichst hochwertiges Immunserum zu verwenden. Für den in der Praxis häufigsten Fall, die Verifizierung eines verdächtigen Bakterienstammes als Typhusbakterium, wird von manchen Seiten ausdrücklich die Verwendung eines Serums gefordert, das noch in der Verdünnung 1:10000 deutlich agglutinierende Wirkung habe. Solche auf Typhusbazillen wirksame Sera sind aber nicht im Handel zu haben; jedes Institut muß sie sich selber zu erzeugen suchen, wenn es nicht auf gütige Geschenke seitens anderer Institute angewiesen sein will. Noch mehr gilt dies von Sera, die auf andere Bakterien, z. B. Ruhr, Paratyphus, eine spezifische Wirksamkeit haben. Ich habe aber meine Versuche allein auf die Erzeugung eines Typhusagglutinins beschränkt, um sie nicht

unnötig zu komplizieren und um so zunächst dem dringendsten praktischen Bedürfnis zu dienen. Aus äußeren Gründen habe ich sie auch nur in geringem Umfang, an wenigen Tieren im Verlauf von $1^1/_2$ Jahren, angestellt.

Es gibt noch keine allgemein bekannte Vorschrift, wie bei der Immunisierung zum Zweck der Agglutiningewinnung am besten zu verfahren sei. Es gilt nur als zweckmäßig, möglichst große und widerstandsfähige Tiere zu wählen und zur Erzielung der höheren Immunisierungsgrade lebende Bakterien intravenös zu injizieren. Für kleinere Institute aber können kaum größere Tiere in Betracht kommen als Kaninchen, insbesondere wenn man als erstrebenswertes Ziel ins Auge faßt, spezifische Sera gegen eine größere Zahl von Krankheitserregern jederzeit vorrätig zu haben. Hunde ließen sich allenfalls verwenden, aber das Halten einer Anzahl Hunde ist doch schon lästiger und kostspieliger als das von Kaninchen, die ich deshalb ausschließlich benützte.

Die intravenöse Injektion lebender Typhusbazillen ist nun nicht gefahrlos, da sich ein Verspritzen der Injektionsflüssigkeit nicht durchaus sicher vermeiden läßt; es wird auch berichtet, daß nach einem solchen Zufall Arzt und Gehilfe an Typhus, und zwar anscheinend gerade durch den verwendeten, durch seine geringe Agglutinabilität sich auszeichnenden Stamm, erkrankt sind. Da es sich bei der Beschaffung eines hochwertigen Agglutinationsserums nicht um eine therapeutische wichtige Maßnahme, sondern nur um ein nützliches Hilfsmittel zu bakteriologischen Untersuchungen handelt, hielt ich mich nicht für berechtigt, mich und den Gehilfen dauernd einer derartigen, wenn auch noch so geringen Gefahr auszusetzen. Ich richtete deshalb mein Augenmerk darauf, ohne lebende Bakterien ein gut wirkendes Serum zu erlangen.

Anfangs verwendete ich auf den Rat des Herrn Prof. Heim durch einstündiges Erhitzen auf 64° abgetötete Typhusbakterien, die ich subkutan einverleibte. Es zeigte sich aber, daß mit diesen hohe Agglutinationswerte nicht zu erreichen waren. Denn wenn man am schon immunen Tier die Dosen zu steigern oder öfters zu geben suchte, so erkrankten die Tiere schwer und gingen ein, ohne wesentliche Steigerung des Agglutinationswertes (über die Wirksamkeit in einigen Tausendsteln

Verdünnung hinaus) zu zeigen. Ich verwendete dann Bakterienkulturen, die ich durch Formalin abgetötet hatte, und diese zeigten sich geeigneter. Dann ging ich dazu über, den schon durch anfängliche subkutane Impfung immunisierten Tieren kleine Gaben formolisierter Bakterien intravenös zu injizieren. Auf diese Weise erhielt ich bald Agglutinationswerte von mehr als $^1/_{10000}$ ja bis $^1/_{30000}$, die also allen Anforderungen entsprachen und zwar unter Verwendung von schon längere Zeit im Laboratorium fortgezüchteten Stämmen.

Ich stellte einige Parallelversuche folgendermaßen an, wobei mich Herr Dr. Rösle freundlichst unterstützte: junge, ungefähr gleich schwere Kaninchen eines Wurfes erhielten an den gleichen Tagen Injektionen von Typhusbakterien; in dem einen Versuch wurde mit subkutanen Injektionen begonnen und an 3 Tieren die Wirkung lebender, erhitzter und formolisierter Bakterien verglichen. Das mit lebenden Bakterien zu behandelnde Tier erhielt zunächst auch eine Injektion von erhitzten Bakterien, wie es üblich ist, und die Dosen lebender Bakterien wurden bei ihm kleiner gewählt; im letzten Stadium des Versuchs mußten auch einige Injektionen bei ihm ausfallen, weil es viel länger dauernden Gewichtsverlust aufwies als die beiden anderen. Aber vorher noch wurden dieses Tier und das mit formolisierten Bakterien behandelte intravenös injiziert, bei dem dritten aber die subkutane Injektion größerer Dosen erhitzter Bakterien fortgesetzt.

Das Ergebnis war, daß der Agglutinationswert des jedesmal am 10. Tage nach der vorausgegangenen Impfung entnommenen Serums bei dem mit formolisierten Bakterien behandelten Tier am gleichmäßigsten und eher noch höher anstieg als bei dem mit lebenden Bakterien behandelten, wesentlich stärker (auf die doppelte Verdünnung) als bei dem mit erhitzten Kulturen injizierten. Dabei stieg aber auch das Gewicht des erstgenannten Tieres am meisten und zeigte nach den späteren intravenösen Injektionen keine oder rasch vorübergehende Abnahme im Gegensatz zu den schweren und langdauernden Gewichtsverlusten des mit lebenden Bakterien behandelten Tieres.

In einem zweiten Parallelversuch wurden nur subkutane Injektionen gleichgroßer Dosen, einmal von formolisierten und das anderemal von Kulturen, die durch einstündiges Erhitzen

auf 61—62° abgetötet waren, miteinander verglichen, und wieder wurde durch die formolisierten Bakterien der doppelte Agglutinationswert bei stärkerer Gewichtszunahme erzielt als mit den erhitzten.

Es scheint also, daß man durch häufigere kleine intravenöse Gaben formolisierter Bakterien ebenso wirksame Agglutinationssera erzeugen kann als durch lebende Bakterien, und daß man daher die gefährliche Handhabung der letzteren ohne Schaden vermeiden kann. Ob man auf diese Weise auch ebenso wirksame bakterizide Sera erhält, ist eine noch zu lösende Frage.

Übrigens scheint es mir nach den späteren Versuchen, die leider infolge Zugrundegehens einzelner Tiere nicht als Parallelversuche fortgeführt werden konnten, daß man auch mit erhitzten Bakterien ähnliche Erfolge erzielen kann, wenn man dieselben nicht über 61° erhitzt, was ja zur sicheren Abtötung der hier in Frage kommenden Bakterienarten vollkommen genügt, und wenn man ebenfalls kleine intravenöse Injektionen anwendet. Die Abtötung durch Aufschwemmen in 1% Formolwasser ist jedoch bequemer als die durch Erhitzen.

Bei alledem ist das Problem, wie ohne allzu große Aufwendungen an Tieren und Arbeit in einem kleinen Institut verschiedene spezifische Sera vorrätig gehalten werden können, noch nicht gelöst. Denn es ist viel schwerer, die Kaninchen für längere Zeit auf einem hohen Agglutinationswert zu halten, als sie in 4—6 Wochen auf einen solchen zu bringen.

Nachdem ich durch die geschilderten Versuche recht hochwertige Agglutinationssera erhalten hatte, benützte ich diese auch zu einigen Versuchen, die sich auf die praktische Ausführung der klinischen (Gruber-Widal-) Agglutinationsprobe und auf die Theorie der Agglutination beziehen.

Die letztere ist ein so weitgreifendes Problem, mit dem zur Zeit die berufensten Forscher sich beschäftigen, daß es besser ist, in seine Erörterung hier gar nicht einzutreten, als es oberflächlich darzustellen. Die folgenden Versuche beruhen auf der feststehenden Tatsache, daß die hypothetische wirksame, agglutinierende Substanz, das Agglutinin, durch die agglutinablen Bakterien gebunden wird; wie ebenfalls von einigen Forschern durch sinnreiche Versuche gezeigt werden konnte, läßt sie sich

auch wieder von ihnen trennen, scheint also bei dieser Bindung nicht zerstört oder wesentlich geändert zu werden, so daß es sich um eine lockere chemische Bindung oder um eine feste Lösung oder auch um Adsorption handeln kann.

Ich suchte nun die quantitativen Beziehungen von Bakterien und Agglutinin zu bestimmen: Beziehungen, aus denen man einerseits Fingerzeige für die zweckmäßigste Gestaltung der diagnostischen Agglutinationsversuche ableiten kann, und die auch als Material für theoretische Untersuchungen dienen können.

Ich verwendete zu meinen Untersuchungen nach dem Pröscher'schen Verfahren durch Formolzusatz zu einer jungen Bouillonkultur, Sedimentieren und Dekantieren vom Sediment hergestellte Emulsionen toter Bakterien, so daß ich reichliches, gleichmäßiges und unveränderliches Bakterienmaterial hatte. Die Agglutinationsproben stellte ich in kleinen Reagensröhrchen an, die ich bei 40° etwa 24 Stunden hielt und öfters makroskopisch und mit der Lupe untersuchte: das Verhalten nach 24 Stunden wurde als entscheidend betrachtet; ich habe auch bei längerer Beobachtung wohl noch ein weiteres Sedimentieren feiner Flöckchen, doch niemals ein Fortschreiten der Agglutination über den nach etwa 20 Stunden eingetretenen Zustand beobachtet. Andererseits muß ich, unter den angegebenen Bedingungen, nämlich einwandfreie formolisierte Emulsion, Beobachtung mindestens 20 Stunden bei 40° und Gebrauch einer Lupe, diese Beobachtungsweise für ebenso empfindlich und zuverlässig halten wie irgendeine mikroskopische. Sie ist aber für Untersuchungen, wie die vorliegende, bei denen eine große Reihe von Proben zu vergleichen ist, viel geeigneter als die mikroskopische Beobachtung.

Ich setzte die Proben so an, daß in der gleichen Flüssigkeitsmenge, 2 ccm, sowohl wechselnde Serum- als auch Bakterienmengen enthalten waren. Zur Verdünnung wurde sterile 0,85% Kochsalzlösung benützt; die Bakterienmengen betrugen $^1/_2$, 1 und $1^1/_2$ ccm Bouillonkultur in den 2 ccm; 1 ccm entspricht der Pröscher'schen Vorschrift. Die Serumverdünnungen waren so gewählt, daß 2 nach den Potenzen von 2 fortschreitende Verdünnungsreihen ineinander eingeschoben waren, also z. B.: $^1/_{300}$, $^1/_{450}$, $^1/_{600}$, $^1/_{900}$ u. s. w.; die Stufen enger zu wählen, ist

nach meinen Erfahrungen zwecklos, weil man dann doch keine deutlichen Unterschiede von Stufe zu Stufe erhält.

Man kann das Ergebnis dieser Versuche in zweierlei Art betrachten: einmal, indem man die einzelnen Reihen mit gleichem Bakterienzusatz nach der Serumverdünnung bezeichnet und ordnet, und einmal, indem man sie nach den aufeinander wirkenden Mengen von Serum und Bakterien, also von Agglutinin und agglutinabler Substanz bezeichnet, wobei man willkürliche Einheiten für diese beiden Reagenzien wählen kann, da wir ja keines seinem Gewichte nach bestimmen können.

Bei der ersten, der üblichen Betrachtungsweise ergibt sich, daß die Agglutinationsprobe nach 24 Stunden desto empfindlicher ist, je dünner die Bakterienaufschwemmung ist. Aber es ist interessant, daß sie auch annähernd dreimal so empfindlich ist, wenn eine dreifach dünnere Bakterienemulsion benützt wird, z. B. $^1/_{18200}$ zu $^1/_{7200}$ als Grenzwerte der vollständigen Agglutination, was schon auf eine quantitative Beziehung zwischen Agglutinin und agglutinabler Substanz hinweist. Deutlicher ist dies noch bei der zweiten Bezeichnungsweise. Wenn ich z. B. in einem andern Versuch die Einheit des Agglutinins mit A, entsprechend $^1/_2$ ccm des 7200mal verdünnten Serums, die Einheit der Bakterien mit B, entsprechend $^1/_2$ ccm der verwendeten Bouillonkultur, bezeichne, so ergab sich nach 24stündiger Einwirkung in 2 Reihen, von denen die eine dreifach so konzentriert war als die andere, daß ausgereicht hatten: zur vollständigen Agglutination und Klärung der Flüssigkeit, so daß eine einzige Bakterienwolke am Boden des Röhrchens lag: 6 A auf 1 B in der dünneren, 4 A auf 1 B in der konzentrierteren Probe; zur vollständigen Agglutination, so daß Flöckchen in klarer Lösung schwammen: $1^1/_2$ A auf 1 B in der dünneren, 2 A auf 1 B in der konzentrierteren Probe; zur eben kenntlichen Flockenbildung in der trüben Flüssigkeit: 1 A auf 1 B in der dünneren, $^3/_4$ A auf 1 B in der konzentrierteren Probe.

Die beiden Reihen unterschieden sich also immer nur um einen Grad in der Skala der Verdünnungen, und zwar bei den verschiedenen Grenzwerten nicht im gleichen Sinne, so daß man als mittleres Ergebnis auf eine quantitative Beziehung zwischen Agglutinin und Bakterien schließen kann, die von dem Verdünnungsgrad unabhängig ist.

Das ist der Endausgang der Reaktion; ganz anders ist der zeitliche Verlauf: hier erscheint, bei dieser quantitativen Bezeichnungsweise, die Konzentration als ein die Reaktion förderndes Moment, denn nach $^1/_2$ Stunde haben schon 3 A auf 1 B in der konzentrierten, aber erst 8 A auf 1 B in der dünneren Lösung eine erkennbare Flockung herbeigeführt. In der üblichen Bezeichnungsweise heißt das, daß die Bakterienmenge kaum Einfluß auf das Ergebnis hat bei kurzer Beobachtung, denn beidemal war die Serumverdünnung in der angesetzten Probe $^1/_{3000}$. Fast ebenso war das Verhältnis auch nach 2 Stunden noch.

Wir können daraus ersehen, daß bei dem zu diagnostischen Zwecken üblichen Verfahren, wobei nach höchstens 2 Stunden das Auftreten von Flockung festgestellt sein soll, die Bakterienmasse von geringem Einfluß auf das Resultat ist, und daß also gegen das übliche wenig genaue Verfahren beim Herstellen der Bakterienaufschwemmungen nichts Triftiges einzuwenden ist. Wenn man aber, um den genauen Agglutininwert zweier Sera zu vergleichen, zu dem oben geschilderten Verfahren greift, was ich für zweckmäßig halte, so wird es sehr wichtig sein, auch immer die gleiche Bakterienmenge in der Flüssigkeitseinheit zu verwenden. Daß für den zu bestimmenden Grenzwert eines Serums auch noch sehr viele andere Faktoren, vor allem die Eigenart des zur Prüfung verwendeten Typhusbakterienstammes, von Bedeutung sind, ist bekannt.

Eine interessante gleichfalls bekannte Tatsache ist es, daß die Bakterien das Vielfache der Agglutininmenge zu binden vermögen, die zu ihrer vollständigen Agglutination nötig ist. Ich versuchte diese Beziehung zahlenmäßig festzustellen, indem ich im Anschluß an den eben des näheren wiedergegebenen Versuch aus allen den Röhrchen, in denen nach 24 Stunden eine vollständige Klärung der obenstehenden Flüssigkeit erfolgt war, je $^1/_2$ ccm dieser klaren Lösung abpipettierte und aufs neue mit Typhusbakterien, nämlich mit $^1/_2$ ccm der aufs Doppelte verdünnten ursprünglichen Emulsion (also mit $^1/_2$ B nach der oben eingeführten Bezeichnungsweise) zusammenbrachte.

Ich beobachtete dann, in welchen dieser Proben noch eine vollständige Agglutination statt hatte, und da der Hauptversuch ergeben hatte, daß 2 A auf 1 B zu dieser sicher genügten, war

also in den abpipettierten Proben, in denen keine vollständige Agglutination nach mehr als 24 Stunden eintrat, sicher weniger als 1 A Agglutinin noch vorhanden gewesen.

Da $^1/_4$ des Volums abpipettiert war, ergibt sich für das noch freie gelöste Agglutinin der ursprünglichen Proben 4 A als obere Grenze; aus den beiden Versuchsreihen läßt sich so berechnen, daß die Bakterien mindestens die 14fache, beziehungsweise 12,3fache Menge des zu ihrer vollständigen Agglutination nötigen Agglutinins gebunden hatten, 2 Werte, die für die Art der Beobachtung und Berechnung mir sehr gut zueinander zu stimmen scheinen, die dagegen von dem von Arrhenius und Madsen bestimmten Verteilungsgesetz weit abweichen.

Ich will aber auf eine Diskussion dieser Abweichung hier nicht eingehen, vor allem, weil meine Versuche dazu bei weitem vervielfältigt und variiert werden müßten, woran ich durch dringende andere Arbeiten verhindert war, so lange mir so gute hochwertige Sera zur Verfügung standen. Ich gedenke sie wieder aufzunehmen, sobald ich wieder über solches Serum in reichlicher Menge verfügen werde.

Über die Atrophie gelähmter Muskeln.

Von F. Jamin.

Aus der medizinischen Klinik der Universität Erlangen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 8. März 1904.

Bei jeder längere Zeit bestehenden, durch eine Schädigung des Nervensystems verursachten Aufhebung der willkürlichen Bewegungsfähigkeit tritt in den an der Funktionsstörung beteiligten Muskeln eine Ernährungsstörung ein, die sich der klinischen Untersuchung vorwiegend durch eine Verminderung des Muskelvolumens bemerkbar macht. Bleibt die Läsion auf die kortikalen motorischen Innervationszentren und die von da zum Rückenmark verlaufenden Bahnen, also auf das Gebiet des sogenannten I. motorischen Neurons, beschränkt, so stellt sich diese Atrophie meist nur langsam und in geringem Grade ein. Wird hingegen die Muskeltätigkeit durch Vernichtung der spinalen motorischen Zentren in den grauen Vordersäulen, der bulbären Hirnnervenkerne oder der peripherischen motorischen Nerven, also im Bereich des sogenannten II. motorischen Neurons, beeinträchtigt, so ist ein rasch und unaufhaltsam fortschreitender Muskelschwund die Folge, der schließlich zur völligen Vernichtung des kontraktilen Gewebes führt. Da in beiden Fällen die willkürliche Bewegungsfähigkeit fehlt, die Funktionsstörung der Muskeln also scheinbar eine gleichartige ist, suchte man sich den erheblichen Unterschied in der Einwirkung der Lähmung auf den Ernährungszustand der Muskeln dadurch zu erklären, daß man den motorischen Ganglienzellen des II. Neurons in Medulla oblongata und Rückenmark einen besonderen trophischen, von der motorischen Funktion unabhängigen Einfluß auf die quergestreiften Muskeln zuschrieb. Diese Annahme schien dadurch begründet, daß in der Regel nur nach

Schädigung der peripherischen motorischen Nerven und ihrer Ursprungszellen die Muskeln jene charakteristischen Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit zeigen, die man unter dem Begriff der Entartungsreaktion zusammenfaßt. Die Ursache dieser funktionellen Störung aber glaubte man in histologischen Veränderungen zu finden, die unter dem Bilde der körnigen, wachsartigen und fettigen Entartung gerade von solchen Muskeln vielfach beschrieben sind, die bei Nervenkranken oder durch experimentelle Eingriffe dem trophischen Einfluß der Vorderhornganglienzellen entzogen waren.

So hat man auch anatomisch eine durch Schädigung des II. motorischen Neurons allein herbeigeführte „degenerative Muskelatrophie" von der bei allen übrigen nervösen Störungen und anderweitiger Beeinträchtigung der willkürlichen Bewegungsfähigkeit eintretenden „einfachen Muskelatrophie" zu unterscheiden gesucht.

Dabei wurde aber häufig übersehen, daß sich die im anatomischen Präparat nachweisbaren Strukturveränderungen der Muskeln nicht immer mit Sicherheit auf die Störung der Innervation zurückführen lassen. Dies gilt insbesondere von den an menschlichem Material erhobenen Befunden. Sowohl bei Probeexzisionen vom Lebenden wie bei den der Leiche entnommenen Muskelpräparaten kann das mikroskopische Bild durch die eigentümlichen Reaktionen der überlebenden Muskelfasern gegen die Einflüsse der Präparation und der konservierenden Flüssigkeiten derart verändert werden, daß der so gewonnene Befund nicht ohne weiteres mit den im Nervensystem nachweisbaren Veränderungen in Beziehung gesetzt werden darf. Häufig erliegen die Kranken zudem gerade solchen langwierigen Leiden, die geeignet sind, auch in nicht gelähmten Muskeln schwere degenerative Veränderungen hervorzurufen.

Um die durch die Lähmung selbst verursachten Strukturveränderungen in den Muskeln zu studieren, ist es daher notwendig, die verschiedenen Formen neurogenen Muskelschwundes unter möglichst gleichartigen Versuchsbedingungen der mikroskopischen Untersuchung zugänglich zu machen. Da das histologische Verhalten der Muskeln weitgehenden individuellen Schwankungen unterliegt, so bieten sich der Beobachtung die günstigsten Aussichten, wenn die verschiedenen Störungen der

motorischen Innervation unter den gleichen zeitlichen Verhältnissen an einem Individuum gleichwertige Muskelgruppen befallen. Diese Vorbedingungen für die Beurteilung der in gelähmten Muskeln auftretenden Atrophie lassen sich annähernd nur durch den Tierversuch erfüllen.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, habe ich eine Reihe von experimentellen und histologischen Untersuchungen an Hunden vorgenommen. Es handelte sich zunächst darum, zum Vergleich bei einem Versuchstier Muskeln zu erhalten, die 1. unter normalen Innervationsverhältnissen blieben, 2. von allen Innervationseinflüssen losgetrennt waren und 3. bei erhaltenem Zusammenhang mit den intakten motorischen Zentren des Rückenmarks nicht mehr der Einwirkung der vom Gehirn bezw. dem ersten motorischen Neuron ausgehenden Erregungen unterstanden.

Dies habe ich dadurch zu erreichen gesucht, daß ich bei jungen kräftigen Tieren eine vollständige Durchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des mittleren oder unteren Brustmarks machte, so daß sowohl die Zentren der Zervikalanschwellung wie auch die der Lendenanschwellung nicht unmittelbar geschädigt wurden und sich nach den ersten Folgen der Operation zu völlig normaler Funktionsfähigkeit erholen konnten. Im Anschluß daran wurde der linke Hüftnerv am Austritt aus dem Becken freigelegt und aus demselben ein 2 cm langes Stück ausgeschnitten.

So standen in den Fällen, in denen die Tiere die eingreifenden Operationen gut überstanden hatten und behufs anatomischer Untersuchung nach verschieden langen Zeiträumen getötet wurden, zum Vergleich die normal innervierten Muskeln der Vorderbeine, die schlaff gelähmten Muskeln des linken Hinterbeins und die willkürlich zwar unbeweglichen, der reflektorischen Erregung und dem Einfluß der Vorderhornganglienzellen aber noch zugänglichen Muskeln des rechten Hinterbeins zur Verfügung.

Das Rückenmark, die peripherischen Nerven und die in Betracht kommenden Muskeln wurden eingehender histologischer Untersuchung mit mannigfachen Methoden unterzogen. Die Atrophie der Muskeln wurde durch Gewichtsbestimmung und durch mikrometrische Bestimmung der Muskelfaserbreiten in

jedem einzelnen Falle festgelegt. Außerdem wurde besonderes Augenmerk auf das strukturelle Verhalten der kontraktilen Substanz gerichtet. Insbesondere wurden die als Entartungsformen beschriebenen hyalinen oder wachsartigen Veränderungen, die Erscheinungen der Fettinfiltration, der Körnchenbildung, der Entstehung von Vakuolen und das Verhalten der Kerne berücksichtigt. Die Veränderungen des interstitiellen Binde- und Fettgewebes, der Gefäße, der intramuskulären Nervenverzweigungen und der Muskelspindeln wurden gleichfalls sowohl unter den verschiedenen Muskelgruppen eines Versuchstieres als auch mit Hinsicht auf die zeitlichen Differenzen unter gleichartigen Lähmungsformen bei den verschiedenen Versuchstieren verglichen. Zur Ergänzung diente die histologische Untersuchung von Muskeln anderer Hunde, die den Eingriff der vollständigen Entfernung der unteren Rückenmarksabschnitte monate- bezw. jahrelang überstanden hatten, sowie einige Versuche über den Einfluß der Sehnendurchschneidung und der Totenstarre auf die Gestaltung des histologischen Muskelbildes.

Bei allen Versuchstieren wurden die funktionellen Verhältnisse der für die anatomische Untersuchung bestimmten Muskeln auch während des Lebens unter steter Überwachung des Allgemeinbefindens der Tiere eingehend beobachtet.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich kurz in folgendem zusammenfassen:

Der nach Läsionen des motorischen Nervensystems unter Ausschließung traumatischer und toxischer Schädlichkeiten eintretende Muskelschwund besteht beim Hunde in jedem Fall in einer einfachen Verminderung der kontraktilen Substanz ohne degenerative Veränderungen derselben. Allem Anschein nach ist diese Abnahme des Muskelparenchyms bedingt durch die mit der Herabsetzung der spezifischen Muskeltätigkeit einhergehende Verminderung des Stoffumsatzes der kontraktilen Faser. Die Muskelfaser, die sich durch Tätigkeit und damit verbundene Erneuerung ihres Bestandes nicht „dauerfähig“ erhält, wird allmählich vom Organismus oder den sie umgebenden Geweben aufgebraucht. Der Vorgang ihrer Lösung ist noch unbekannt. Eine Vermehrung des Sarkoplasmas scheint der Abnahme der kontraktilen Substanz nicht voranzugehen.

Außer den die Erregung zur Kontraktion vermittelnden

(motorischen) Funktionen läßt sich eine besondere trophische Einwirkung der nervösen Zentren auf die Muskeln nicht nachweisen. Unabhängig von der willkürlichen (zerebralen) motorischen Innervation gewährleisten die auf den Reflexbahnen den spinalen Zentren zuströmenden Erregungen die Funktion der peripherischen motorischen Zentren und Bahnen hinreichend, um den Muskel in seiner Tätigkeit und Ernährung bis zu einem gewissen Grade zu erhalten. Schon eine partielle Ausschaltung solcher zentripetaler nervöser Einflüsse (wie die Ischiadikusdurchschneidung für die Innervation des gleichseitigen Quadrizeps) macht sich durch eine Steigerung des Muskelschwundes bemerkbar.

Darum ist es nicht möglich, daß ein von der äußerlich bemerkbaren Arbeitsleistung durch zerebrale Lähmung oder durch mechanische Ruhigstellung ausgeschlossener Muskel in derselben Zeit den gleichen Grad von Muskelschwund erreichen kann wie ein durch peripherische Nervenläsion schlaff gelähmter Muskel. Jener wird durch die noch unaufhörlich auf ihn einwirkenden nervösen Erregungen im Tonus erhalten und bewahrt so durch innere Arbeit seinen Bestand besser als dieser, der von jeder Innervation abgeschlossen ist. Die in den nur äußerlich untätig erscheinenden Muskeln eintretende Atrophie unterscheidet sich aber von der nach peripherischer Nervenläsion beobachteten nur durch den Entwicklungsgrad, nicht durch die Art der anatomischen Veränderungen. Hier wie dort lassen sich die Neubildung der Kerne und die Vermehrung des interstitiellen Gewebes durch die Änderungen im Materialverbrauch bei nicht erheblich verminderter Nahrungszufuhr erklären. Den vasomotorischen Verhältnissen in den gelähmten Muskeln ist ein wesentlicher Einfluß auf deren Ernährungszustand nicht zuzuschreiben. Zur echten Fettinfiltration scheint es bei der einfachen Lähmungsatrophie der Muskeln nicht zu kommen.

Die Atrophie jedes gelähmten Muskels ist demnach eine einfache Inaktivitätsatrophie. Was man klinisch bisher Inaktivitätsatrophie genannt hat, der Muskelschwund bei hysterischen Paresen, nach lange dauernder Fixation der Glieder u. dgl., ist insofern keine wahre Inaktivitätsatrophie, als bei diesen Zuständen der Muskel nicht aufhört, tätig zu sein. Hier kann man nur von einer Atrophie des Muskels durch Vermin-

derung seiner Tätigkeit sprechen. Eine vollkommene Inaktivität gibt es im Muskel nur bei Wegfall jeglicher zentrifugaler Innervation.

Wie es scheint, fallen auch die quergestreiften Muskelfasern der Muskelspindeln unter die angegebenen Regeln, doch sind für diese Organe die anatomischen und physiologischen Innervationsverhältnisse noch nicht genügend aufgeklärt.

Erleiden wenig oder gar nicht tätige Muskeln traumatische oder toxische Schädigungen, so können außer der Verminderung der kontraktilen Substanz auch verschiedenartige degenerative Veränderungen in den Fasern mit den entsprechenden Folgezuständen im Zwischengewebe eintreten. Daher kann man auch im pathologisch-anatomischen Sinne eine degenerative Muskelatrophie von der einfachen Muskelatrophie unterscheiden. Doch decken sich diese anatomischen Begriffe nicht mit der Funktionsfähigkeit und der elektrischen Erregbarkeit der Muskeln. Das mit den bisher üblichen Methoden darstellbare Strukturbild des Muskels sagt uns noch wenig über dessen funktionelles Verhalten im Leben. Die Kontraktilität der Muskelfasern ist bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den anatomischen Veränderungen, mit steigender Abnahme der kontraktilen Substanz wird sie jedoch allmählich bis zum Verschwinden herabgesetzt. Die sogenannte elektrische Entartungsreaktion gibt keinen Aufschluß über die Entartung des Muskels, sie ist ein Zeichen für den Ausfall der peripherischen Nervenerregung.

Eine sichere Beurteilung mikroskopischer Muskelpräparate ist nur dann möglich, wenn man die in den kontraktilen Organen noch nach dem Universaltod eintretenden Veränderungen auszuschließen vermag, die unter der Einwirkung äußerer Reize auf die absterbende noch reaktionsfähige Muskelfaser in gleicher Weise in der normalen wie in der atrophischen Muskulatur entstehen. Da diese aus dem Zusammenwirken von Kontraktionsvorgängen mit einer wahrscheinlich der Totenstarre gleichartigen Gerinnung der kontraktilen Substanz bezw. des Sarkoplasmas hervorzugehen scheinen, habe ich sie als „erstarrte Kontraktionen“ bezeichnet. Sie sind kein Zeichen für eine vitale Veränderung des Muskelparenchyms und kommen auch in den Muskelspindeln zur Beobachtung. In Quer-

schnitten können sie eine Hypertrophie einzelner Fasern vortäuschen. —

Die ausführliche Veröffentlichung dieser Untersuchungen ist unter dem Titel: „Experimentelle Untersuchungen zur Lehre von der Atrophie gelähmter Muskeln“ im Verlag von Gustav Fischer, Jena 1904, erschienen.

Über die Anwendung der Kapillarmethode bei der biochemischen (Uhlenhuthschen) Blutuntersuchung für forensische Zwecke.

Von G. Hauser.

Aus dem pathologischen Institut der Universität Erlangen.

Referat über den in der Sitzung vom 4. Juli gehaltenen Vortrag.

Nach einer ausführlichen, durch Experimente erläuterten Besprechung der von Uhlenhuth begründeten sero-diagnostischen Methode demonstrierte Herr Hauser die von ihm bereits früher (Münch. med. Wochenschr. 1904, Nr. 7) publizierte Kapillarmethode, welche auch bei den minimalsten Blutspuren noch eine sichere Diagnose des Blutes ermöglicht.

Diese Methode besteht darin, daß man durch Auskochen sorgfältig gereinigte Kapillarröhrchen zunächst mit den zu untersuchenden Blutlösungen bis zu einer beliebigen Höhe anfüllt und dann das spezifische Serum, von welchem man ein Tröpfchen auf einen gereinigten Objektträger bringt, in das Röhrchen durch Kapillarattraktion ebenfalls in beliebiger Menge nachfließen läßt. Hierauf wird das untere Ende des Röhrchens durch ein Plastilinkügelchen abgeschlossen und das Röhrchen senkrecht aufgestellt.

Bei genügend starkem Serum sieht man oft schon nach wenigen Sekunden an der Kontaktstelle des spezifischen Serums und der Blutlösung eine Trübung auftreten, welche sich bald zu einem intensiven weißlichen Ring verdichtet; schließlich bildet sich ganz ähnlich wie in den Reagensöhrchen an der Wand des Kapillarrohres ein zarter flockiger Niederschlag, während die zur Kontrolle in gleicher Weise behandelten Tierblutlösungen keine Spur von Trübung oder Niederschlag erkennen lassen.

Es läßt sich berechnen, daß beiläufig $^1/_{5000}$ Tropfen Blutes noch genügte, um die Herkunft desselben zu bestimmen. Die Methode empfiehlt sich daher besonders dann, wenn bei gerichtlichen Fällen minimale Blutspuren zu untersuchen und nur sehr geringe Extraktmengen zu gewinnen sind; denn die Methode kann mit Erfolg auch dann angewendet werden, wenn nur 2—3 kmm Extraktlösung zur Verfügung stehen.

Zum Schlusse wendet sich der Vortragende nochmals gegen den Versuch Wassermanns, das große Verdienst Uhlenhuths um die Begründung der biochemischen Blutuntersuchung für sich in Anspruch zu nehmen, während doch unbestreitbar Uhlenhuth allein dieses Verdienst zuzusprechen ist.

Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften.[1]

Von E. Wiedemann.

1. Einleitung. Literatur.

2. Über elektrische Erscheinungen. a) Über den Bernstein. b) Über Elektrizitätserzeugung auf einem Berg. c) Über den Zitterrochen bezw. Zitterwels.

3. Über Magnetismus. a) Versuche von Geber. Über das Wesen des Magnetismus. Über die Tragkraft von Magneten. Influenzmagnetismus. b) Änderung der Magnetisierung mit der Zeit. Erzeugung von Stahlmagneten. Zum Kompaß.

4. Optische Beobachtungen. a) Über die Brennkugel. b) Eine physiologische Beobachtung von Ibn al Haitam. c) Über die Dämmerung. d) Zur Lehre vom Sehen.

5. Physikalische Eigenschaften des Goldes.

6. Zur Geschichte der Chemie. a) Über die Schwefelsäure und die arabischen Namen chemischer Substanzen. b) Astrologie und Alchemie. c) Anschauungen der Araber über die Metallverwandlung und die Bedeutung des Wortes el Kîmîjâ.

1. Einleitung.

Von den bedeutenden Leistungen der Araber auf naturwissenschaftlichem Gebiete wissen wir noch relativ wenig.

---

[1]) Ein erster Beitrag zur Geschichte der Chemie findet sich von mir in den Sitzungsberichten der physikal.-med. Sozietät in Erlangen, Heft 34 (1902); vgl. auch E. Wiedemann, Über die Naturwissenschaften bei den Arabern. Hamburg 1890. Dort habe ich auch darauf aufmerksam gemacht, daß unter dem Namen Araber nicht nur Angehörige des ethnographisch unter diesen Namen begriffenen Volkes zu verstehen sind. Gerade die bedeutendsten Ärzte und Naturforscher sind nicht „Araber" im eigentlichen Sinne gewesen. Mit Rücksicht auf andere Kulturgebiete hat G. Jacob die Frage des Anteils der Araber an der islâmischen Kultur in seinem Artikel „Arabische oder Seldschuckische Kultur" in der Beilage zur Allg. Zeitung 1905, Nr. 44 behandelt. (Vgl. auch C. Brockelmann Bd. 1, S. 1.)

Es liegt das zum Teil daran, daß von ihren Werken bisher noch nicht allzuviele durch Übersetzungen allgemein zugänglich gemacht worden sind und zahlreiche Beobachtungen an Orten mitgeteilt sind, wo man sie zunächst nicht sucht, oder daß sie sich in umfangreichen Werken verstreut finden.

Ein voller Einblick in die Entwicklung der arabischen Naturwissenschaft und ihre Bedeutung für die Folgezeit läßt sich aber erst gewinnen, wenn unsere Kenntnisse umfassendere geworden sind.

Die Benutzung der Übersetzungen wird oft dadurch erschwert, daß den Philologen die Naturwissenschaften ferne liegen, so daß die Übertragungen besonders bei verderbten Texten nicht immer die Sache treffen und nachgeprüft werden müssen. Dies zu tun und vor allem unübersetzte Texte zu benutzen ist einem Naturforscher, selbst wenn er sich mit der arabischen Sprache beschäftigt hat, nur dann möglich, wenn er stets Gelegenheit hat, sich bei einem Orientalisten Rats zu erholen, und zwar besonders dann, wenn es sich nicht um unmittelbar sachlich zu prüfende Gegenstände wie mathematische Entwicklungen handelt. In dieser glücklichen Lage war ich nun dank der steten Hilfsbereitschaft meines verehrten Kollegen und Lehrers Herrn Prof. Dr. Jacob in Erlangen, der mich nicht nur in sprachlicher Hinsicht unterstützt, sondern mir auch mit seiner reichen Literaturkenntnis zur Seite gestanden hat. Ihm sei auch an dieser Stelle allerbestens dafür gedankt.

In einer Reihe von Aufsätzen sollen, wie schon früher erwähnt, die Ergebnisse von Nachforschungen auf dem Gebiete der Naturwissenschaften in gedruckten und ungedruckten Schriften mitgeteilt werden[1]); die Übersetzungen sind dabei, wenn auch vielleicht auf Kosten des deutschen Ausdruckes, möglichst wörtlich gegeben. Gegen Irrtümer und Fehler bitte ich nachsichtig zu sein,

---

[1]) Die Transkription der arabischen Namen und Ausdrücke ist im allgemeinen die übliche. Elisionen etc. sind nicht berücksichtigt. Der Artikel ist stets el geschrieben, auch vor n und r und vor den d-, t-, und s-Lauten, wo das l in der Aussprache sich den folgenden Konsonanten assimiliert; ebenso ist entsprechend der arabischen Orthographie n vor b geschrieben, obwohl es m lautet, also Anbiq, sprich: Ambiq. Ibn und ben heißen beide Sohn; die Form ben schreibe ich, wenn das Wort zwischen zwei Namen steht.

da ich mich nur in meinen Mußestunden mit historischen Fragen befassen kann.

In den folgenden Beiträgen werden wir u. a. folgende Schriften häufiger zitieren. Ihre Aufführung mag zugleich anderen Forschern historische Studien erleichtern.

C. Brockelmann, Geschichte der arabischen Literatur, 1. und 2. Bd. Weimar 1898 und 1902. Die Lebensbeschreibungen der einzelnen Schriftsteller sind knapp gehalten. Von ihren Werken sind nur solche mitgeteilt, die noch handschriftlich oder im Druck existieren. Leider sind die Titel nicht übersetzt, und in den Registern sind die Gelehrten nicht immer an den Stellen aufgeführt, die ihren bekannten Namen entsprechen; dadurch wird besonders für den Nichtorientalisten das Auffinden sehr erschwert.

F. Wüstenfeld, Geschichte der arabischen Ärzte und Naturforscher. Göttingen 1840. Wüstenfeld gibt die Titel von sämtlichen Werken, soweit sich in Katalogen, in arabischen bio- und bibliographischen Werken Angaben finden, und zwar in lateinischer Übersetzung.

Für die Mathematiker und Astronomen unter den Arabern hat H. Suter in höchst verdienstvoller Weise das bio- und bibliographische Material gesammelt in seinen beiden Schriften:

1. Übersetzung des Mathematikerverzeichnisses im Fihrist, Schlömilchs Zeitschrift, Bd. 37 Supplement, S. 1, 1892.

2. Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke. Aus Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik etc. Bd. 10. Leipzig 1900.

Vielfach werden zu zitieren sein die beiden großen bio- und bibliographischen Werke:

1. *Al Fihrist* des *Ibn Abî Ja'qûb el Nadîm*, herausgegeben von G. Flügel. Leipzig 1871/72 (s. auch bei Suter), (zitiert als *Al Fihrist*), und

2. *Ibn Abî Uṣaibi'a* Quellen der Nachrichten über die Klassen der Ärzte. Arabisch publiziert von A. Müller. Kairo 1884, (zitiert als *Uṣaibi'a*).

Eine große Anzahl vereinzelter naturwissenschaftlicher Bemerkungen findet sich zerstreut in geographischen Werken sowie in den Kosmographien, die die Erscheinungen der gesamten sinnlichen und übersinnlichen Welt in mehr oder weniger

umfassender Weise behandeln. Vor allem sind hier zu erwähnen:

Zakarîjâ ben Muḥammed ben Maḥmûd el Qazwînî[1]) († 1283), Die Wunder der Schöpfung und die Denkmäler der Länder. In zwei Bänden. — Das Werk ist herausgegeben von F. Wüstenfeld, Göttingen 1848. Wir werden es als *Qazwînî* zitieren.

Einen großen Teil des ersten Bandes bis einschließlich die Metalle hat Éthé übersetzt unter dem Titel *Qazwînîs* Kosmographie. Leipzig 1868. Den Artikel über die Mineralien hat J. Ruska unter dem Titel: Das Steinbuch aus der Kosmographie des *Qazwînî* herausgegeben als Beilage zum Jahresbericht 1895/96 der Oberrealschule zu Heidelberg. Über *Qazwînî's* Geographie ist zu vergleichen: G. Jacob, Ein arabischer Berichterstatter, besonders S. 16ff. Berlin 1896.

Ferner das Werk von

Schems el Dîn Abû 'Abdallâh Muḥammed ben Abî Ṭâlib el Anṣârî el Ṣûfî el Dimeschqî[2]) († 1327) Werk: Über das Beachtenswerteste in den Zeiten in bezug auf die Wunder des Landes und des Meeres. Es ist von Mehren in Petersburg 1866 in arabischem Text, in Kopenhagen 1874 in französischer Übersetzung herausgegeben worden. Wir werden es stets als Kosmographie von *Dimeschqî* zitieren oder kurz *Dimeschqî*.

Viele besonders für die Chemie wertvolle Notizen finden sich in dem Werk von *Ibn el Baiṭâr* über die Arzneimittel (Gesamtdarstellung der Simplicia der Heil- und Nahrungsmittel) das in *Bûlaq* (1291 d. H. = 1874 n. Chr.) gedruckt ist. *Ibn el Baiṭâr* wurde in Malaga geboren und starb 1248 in Damaskus, von *Ibn el Baiṭâr*[3]) ist stets die Übersetzung von Leclerc[4]) zu benutzen und nicht die ganz inkorrekte von Sontheimer[5]).

Eine Reihe von Angaben über Metalle, Mineralien, Tiere, Mißgeburten, Geographisches etc. findet sich im 2. Bande des Werkes von *Schihâb el Dîn Aḥmed el Ibschîhî*[6]), das den Titel:

---

[1]) C. Brockelmann I, 481. 1898.

[2]) C. Brockelmann II, S. 130. 1899.

[3]) C. Brockelmann Bd. 1, S. 492.

[4]) J. Leclerc, Traité des Simples par Ibn el Beiṭâr: Notices et extraits des manuscrits, Bd. 31, Paris 1877; Bd. 35, 1881; Bd. 36, 1883.

[5]) J. v. Sontheimer, Große Zusammenstellung etc. von Ibn el Beiṭâr. Bd. 1, Stuttgart 1840. Bd. 2, ibid. 1842.

[6]) C. Brockelmann, Bd. 2, S. 56.

Kitâb el Mustaṭraf (Raritätenbuch) hat (kurz wird das Buch *Ibschîhî* zitiert). Es ist übersetzt ins Französische von G. Rat, Paris 1902. Die rein naturwissenschaftlichen Notizen sind indes nur spärlich, weit reichlicher diejenigen über medizinische, vor allem psychische Wirkungen.

Es sei mir bei dieser Gelegenheit gestattet, ganz besonders auf die große Reihe von Abhandlungen hinzuweisen, die von F. Dieterici[1]) herrühren, und die von zahlreichen naturwissenschaftlichen und naturphilosophischen Bestrebungen der Araber uns ein plastisches Bild geben; dem großen Verdienst gegenüber, daß F. Dieterici es nicht verschmähte, uns Übersetzungen und Bearbeitungen der betreffenden Schriften zu liefern, kommt es nicht in Betracht, daß hier und da bei naturwissenschaftlichen Fragen kleine Irrtümer untergelaufen sind. Einige derselben denke ich gelegentlich zu berichtigen.

Dieterici stützt sich hauptsächlich auf die Schriften der lauteren Brüder[2]) *Ichwân el Safâ* (ca. 1000). Für uns kommen vor allem in Betracht die an deren Lehren anknüpfenden Bücher: Einleitung und Makrokosmus, Leipzig 1876; Die Naturanschauung und Philosophie der Araber, Leipzig 1876; Die Propädeutik der Araber, Berlin 1865, sowie eine Abhandlung über *el Fârâbî's* Schrift „Der Musterstaat".

Oft wird auch zu erwähnen sein J. de Boer, Geschichte der Philosophie im Islam, Stuttgart 1901.

Bei der Besprechung chemischer Fragen werden vor allem zu benutzen sein:

H. Kopp, Beiträge zur Geschichte der Chemie, 1 Stück, Braunschweig 1869. 2. Stück, ebenda 1869, 3. Stück 1875. Kopps Arbeiten sind wahre Fundgruben für die ältere Literatur.

M. Berthelot, Collections des anciens alchimistes grecs Bd. 1, Introduction, Bd. 2, Texte grec, Bd. 3, Traduction, Paris 1888.

M. Berthelot, La Chimie au Moyen Âge Bd. 1. Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge, Bd. 2. L'Alchimie syriaque, Bd. 3. L'Alchimie arabe, Paris 1893.

---

[1]) Eine Zusammenstellung derselben findet sich in F. Dieterici, *Al Fârâbî*, Der Musterstaat; vorangeht die Abhandlung: Über den Zusammenhang der arabischen und griechischen Philosophie, Leiden 1900.

[2]) C. Brockelmann Bd. 1, S. 213.

2. Über elektrische Erscheinungen.

a) Über den Bernstein.

Im folgenden sind fast ganz im Anschluß an eine Arbeit von G. Jacob[1]) eine Reihe von Nachrichten über den Bernstein so weit sie physikalisch von Interesse sind, aus orientalischen Quellen zusammengestellt.

Der Bernstein heißt bei den Arabern Kâhrubâ, der Name stammt aus dem Persischen und bedeutet Strohanzieher.

Ibn el Ġezzâr (10.—11. Jahrh.) schreibt im *I'timâd*: Der *Kahruba* oder *Kâhruba*[2]) . . . heißt „Räuber" auf Arabisch.

Ibn Sînâ (Avicenna, gest. 1037) berichtet: Kahrubâ, er zieht Stroh und Spreu an, und deshalb heißt er im Persischen Kâhrubâ, das ist Strohräuber.

Qazwînî sagt: Kâhrubâ. Es ist ein gelber Stein . . . und die Bedeutung seines Namens ist Strohräuber, weil er Stroh und Spreu anzieht.

Bei dem persischen Dichter *Sa'dî*[3]) (gest. 1291) heißt es: / Wie oft du auch sprichst: Nimm weg von ihm das Verlangen, / beruhige dich in Geduld / Sprich zum Bernstein: Zieh nicht an / Was soll das arme Stück Stroh beginnen. /

Gerade wie bei den Orientalen die Wechselwirkung zwischen Eisen und Magnet so vielfach als ein Bild der Zuneigung zwischen dem Liebenden und der Geliebten benutzt wird, so hier die Anziehung des Strohes durch den Bernstein.

Ähnlich sagt der Kosmograph *Dimeschqî*: *Kahrubâ*. Er zieht Stroh und Spreu an.

Meist schreiben orientalische Autoren dem Bernstein als solchem die Eigenschaft des Strohanziehens zu, ohne besonders zu bemerken, daß er vorher gerieben werden muß. Indes

---

[1]) K. G. Jacob, Neue Beiträge zum Studium des kaspisch-baltischen Handels im Mittelalter. I. Neue Studien, den Bernstein im Orient betreffend. Zeitschr. der deutschen morgenländ. Gesellschaft (Z.D.M.G.) Bd. 43, S. 353; in diesem Aufsatz finden sich auch sonst zahlreiche interessante Mitteilungen, in ihm sind ferner die genauen Zitate zu finden.

[2]) Die . . . entsprechen einer verderbten Stelle, die vielleicht den griechischen Namen enthält.

[3]) De Sacy, Chrestomathie arabe III, S. 446, 2. Aufl. S. 469; vgl. auch E. Wiedemann, Zeitschr. f. d. physikal. und chem. Unterricht, Bd. 4, S. 307. 1891.

finden sich auch hierfür einige Stellen. So berichtet *Schêch Dâûd el Anṭâkî* (gest. 1596): Der Bernstein wird importiert aus den Hinterländern von Kafa (Feodosia) aus der Gegend der Tscherkessenländer, — man sagt, es seien Nußbäume — und man unterscheidet westlichen und östlichen . . ., er hebt Stroh auf, wenn er gerieben wird.

Diese Stelle lehrt auch, daß man zwei Arten von Bernstein kannte.

In einer Handschrift des *Ibn el Kebîr* findet sich folgende Angabe: Kâhrubâ. Ein Fremdwort aus dem Persischen von Kâhrubâ, d. h. Strohräuber. Der beste ist der rötlichgelbe, der Stroh schnell und kräftig anzieht, nachdem er ein wenig gerieben.

Die Rolle, welche das Reiben spielt, wird auch von Albertus Magnus in seinem Buche De mineralibus betont. Bei ihm heißt der Bernstein Kalcabree oder Gagates, und er sagt von ihm „Confricatum autem trahit pallas". Gerieben zieht er Stroh an.

Auch von einem anderen Harz, dem *Senderûs*[1]), wohl unserem Sandarach, wird berichtet, daß es Stroh und Spreu anzieht; bei ihm wird ausdrücklich bemerkt, daß er das tut, wenn er gerieben wird.

Von Interesse ist, daß, wie wir von dem Worte ἤλεκτρον das Verbum elektrisieren ableiten, so die Araber in neuerer Zeit von dem Worte Kâhrubâ ein entsprechendes bilden: In Syrien heißt das elektrische Licht das strohanzieherige Licht.

Zu beachten ist ferner, daß der Ausdruck Strohanzieher oder Strohräuber sich auch im Sanskrit und im Türkischen findet. Die Franzosen haben den Ausdruck tirepaille, im Deutschen findet sich Strohzieher.

Über den Bernstein bei den Griechen und Römern haben Th. H. Martin[2]) und A. von Urbanitzky[3]) sehr ausführlich gehandelt.

[1]) *Schêkh Dâûd el Anṭâkî* (vgl. Brockelmann Bd. 2, S. 364) und *Muḥîṭ el Muḥîṭ* unter Kâhrubâ.

[2]) Th. H. Martin, Atti dell' Accad. pontificia de' nuovi Lincei Bd. 18, S. 17 u. 97, insbesondere S. 116. 1865.

[3]) A. von Urbanitzky, Elektrizität und Magnetismus im Altertume. Wien etc. 1887, vgl. auch S. Günther, Geschichte der antiken Naturwissenschaften, S. 60 etc. Nördlingen 1888.

b) Über Elektrizitätserzeugung auf einem Berg.

Eine zunächst uns höchst wunderbar vorkommende elektrische Erscheinung bei *Âmid* (*Dijâr Bekr* am oberen Tigris) hat *Ibn el Faqîh*[1]) (gest. 902) in seinem Werk *Kitâb el Buldân*[2]) (Buch der Länder) beschrieben. Ihm als Gewährsmann folgend, hat über dieselbe auch *Qazwînî* berichtet. In der Übersetzung von G. Jacob[3]) lautet der Bericht des *Ibn el Faqîh*:

„Sie sagen von unsern Wundern ist der Berg, welcher sich bei *Âmid* befindet, den alle Leute des Landes sehen. In ihm ist ein Spalt, und wenn jemand sein Schwert zieht und es in denselben hineinsteckt und mit seinen beiden Händen an den Knopf faßt, so bebt das Schwert in seinen Händen, und der, welcher es angefaßt hält, wird durchzuckt, selbst wenn er ein sehr starker Mann ist."

Qalqaschendî[4]) (gest. 1418) versetzt diesen Berg an den Nil (s. F. Wüstenfeld, Göttinger Abhandl. Bd. 25, S. 15, 1879); er, der spätere Schriftsteller, schmückt die Sache weiter aus, ohne wesentlich Neues beizubringen.

Zur Erklärung der obigen Erscheinung muß man die Elektrisierung des vom Wind getriebenen Wüstensandes heranziehen, wie dies auch von Prof. W. Holtz in einer Mitteilung an H. Jacob geschehen ist. (Vgl. Gerhard Rohlfs, Elektrizitätserscheinungen in der Sahara: Zeitschr. für wissensch. Geogr. VIII. 1891, S. 206—210). Besonders eingehend sind die Schilderungen von W. von Siemens[5]) über elektrische Erscheinungen in der Wüste gelegentlich der Besteigung der Cheops-Pyramide, die in seinen Lebenserinnerungen publiziert sind. Ich teile dieselben etwas gekürzt mit; vielleicht finden sich auch sonst noch in arabischen Schriftstellern ähnliche Beobachtungen oder Angaben, die aus Siemens' Bemerkungen eine Erklärung finden.

[1]) C. Brockelmann Bd. 1, S. 227.

[2]) Herausgegeben von de Goeje: Bibliotheca geographorum Arabicorum pars V, S. 134.

[3]) G. Jacob, Ein arabischer Berichterstatter etc. Berlin, Mayer und Müller. 1896.

[4]) C. Brockelmann Bd. 2, S. 134.

[5]) Werner von Siemens, Lebenserinnerungen. Berlin, J. Springer. 1892, S. 142.

„Schon während unseres Eselrittes von Kairo zur Pyramide erhob sich ein außergewöhnlich kalter Wüstenwind, der von einer eigentümlichen, rötlichen Färbung des Horizontes begleitet war. Während unseres Aufstieges nahm der Wind eine sturmartige Stärke an, so daß es einigermaßen schwer fiel, sich auf der abgeplatteten Spitze der Pyramide aufrecht zu erhalten. Der Wüstenstaub war dabei so stark geworden, daß er als weißer Nebel erschien und uns den Anblick des Erdbodens gänzlich entzog. Er stieg allmählich immer höher empor und hüllte nach einiger Zeit auch die Spitze ein. Dabei hörte man ein merkwürdiges, zischendes Geräusch, welches keine Folge des Windes selbst sein konnte. Einer der Araber machte mich darauf aufmerksam, daß beim Aufheben seines ausgestreckten Fingers über seinen Kopf ein scharfer, singender Ton entstand, der aufhörte, sobald er die Hand senkte. Ich fand dies bestätigt, als ich selbst einen Finger über meinen Kopf emporhob; zugleich verspürte ich im Finger eine prickelnde Empfindung. Daß es sich hierbei um eine elektrische Erscheinung handelte, ergab sich daraus, daß man einen gelinden elektrischen Schlag bekam, wenn man aus einer Weinflasche zu trinken versuchte. Durch Umhüllung mit feuchtem Papier verwandelte ich eine solche, noch gefüllte Flasche mit einem metallisch belegten Kopfe in eine Leydener Flasche, die stark geladen wurde, wenn man sie hoch über den Kopf hielt. Man konnte dann aus ihr laut klatschende Funken von etwa 1 cm Schlagweite ziehen. Dies bestätigte die von Reisenden schon früher beobachteten elektrischen Eigenschaften des Wüstenwindes in ganz unzweifelhafter Weise.“

Hieran anschließend ist geschildert, wie die elektrischen Entladungen die Unbefangenen erschrecken. Es heißt etwa:

„Im weiteren Verlaufe unserer Experimente fand ich Gelegenheit, den Beweis zu führen, daß die Elektrizität auch als wirksame Verteidigungswaffe zu gebrauchen ist. Die Araber hatten die aus unsern Weinflaschen hervorbrechenden Blitze gleich mit offenbarem Mißtrauen betrachtet ... Als ich mich weigerte, dem Scheich Folge zu leisten, griff er nach meiner linken Hand, während ich die rechte mit der gut armierten Flasche — in offenbar beschwörender Stellung — hoch über den Kopf hielt. Diesen Moment hatte ich abgewartet und

senkte nun den Flaschenkopf langsam seiner Nase zu. Als ich sie berührte, empfand ich selbst eine heftige Erschütterung, aus der zu schließen der Scheich einen gewaltigen Schlag erhalten haben mußte. Er fiel lautlos zu Boden, und es vergingen mehrere, mich schon ängstlich machende Sekunden, bis er sich plötzlich laut schreiend erhob und brüllend in Riesensprüngen die Pyramidenstufen hinabsprang.“

Die Analogie zwischen dem Versuch von Siemens und der Schilderung von *Ibn el Faqîh* ist ohne weiteres klar. Das Schwert lädt sich wie der obere Teil der Champagnerflasche und die Flüssigkeit in ihr. Die im folgenden, weiter unten beschriebene magnetische Eigenschaft des Berges kommt insofern in Betracht, als der Berg aus einem, wenn auch schwach leitenden Materiale, dem Magnetstein besteht und so als äußere Belegung einer Leydener Flasche dient, während das Schwert die innere bildet. Der den Spalt ausfüllende Sand isoliert bei seiner Trockenheit. Eine andere, wenn auch weniger wahrscheinliche Erklärung wäre, daß der elektrisierte Sand in den Spalt hineingeweht wird. Beim Hineinstecken eines Schwertes entladen sich die mit ihm in Berührung kommenden Teilchen und bedingen den Schlag; die Wirkung wird durch die auf der Wand influenzierte Elektrizität erhöht.

c) Über den Zitterrochen bezw. Zitterwels.

Das Folgende soll einige Mitteilungen über den Zitterrochen enthalten.

Die Angaben der Griechen und Römer sind von E. du Bois-Reymond[1]), dem späteren Professor der Physiologie in Berlin, in seiner Dissertation mit großem Fleiß gesammelt worden, und zwar nicht nur, soweit sie die Fähigkeit des Fisches betreffen, andere lebende Wesen zu lähmen. Dieser Eigenschaft verdankte er bei den Griechen den Namen *νάρκη* (ursp. Lähmung), bei den Römern torpedo (ebenso Lähmung).

Einer der Hauptberichte rührt von Claudius Claudianus[2]) her und ist von J. Rosenthal[3]) metrisch frei übertragen worden.

[1]) E. du Bois-Reymond, Quae apud veteres de piscibus electricis exstant argumenta. Inaug.-Diss. Berlin 1843.

[2]) Claudius Claudianus, S. 255. Teubner 1893.

[3]) J. Rosenthal, Allgemeine Physiologie der Muskeln und Nerven, S. 126. Leipzig 1899.

Zu bemerken ist zu der Übersetzung, daß im Original für das Wort „elektrischer Hauch“ „flamen“ und für „Zucket der schaurige Blitz“ „metuendus emicat horror“ steht, so daß der Dichter nicht direkt von Elektrizität und vom Blitz gesprochen hat. Zahlreiche Angaben der Alten finden sich bei du Bois-Reymond darüber, daß die Wirkung des Rochens sich durch Lanzen, Ruten, ja durch auf ihn gegossenes Wasser fortpflanzt.

In bezug auf die Heilkraft macht Galen folgende, bei den Arabern sich wiederfindende Bemerkungen: *Νάρκη*[1]) (Zitterrochen). „Man hat berichtet, daß er, dem Kopf genähert, den Kopfschmerz heile und einen Prolapsus (am Rektum) hineinbringe. Bei Kranken fand ich aber, daß er in keinem von beiden Fällen wirke. Ich dachte nun, daß er lebend einem an Kopfschmerzen Leidenden genähert werden müsse, denn es wäre möglich, daß er (der Fisch) ein schmerzstillendes Mittel sei, wie die anderen, welche das Empfinden lähmen. Und ich fand, daß es so sei. Ich glaube auch, daß der erste, der ihn benutzte, von einer derartigen Erwägung ausgegangen sei“.

(Eine Angabe bei Galen über die Wirkung auf einen epileptischen Knaben bezieht sich auf die Wirkung des Fisches als Nahrungsmittel[2]).

Galen dient die Wirkung des Zitterrochens auf den Körper als ein Beweis dafür, daß sich gewisse Dinge durch Berührung allein (d. h. ohne daß eine Mischung eintritt) verändern können. Er sagt: Man erkennt das klar bei den Seerochen, der eine solche Kraft besitzt, daß er durch die durch den Dreizack zur Hand gesandte Veränderung (*ἀλλοίωσις*, veränderter Zustand) plötzlich die ganze Hand lähmt. Hieraus geht zur Genüge hervor, daß ein Ding von kleiner Masse durch die Berührung sehr große Veränderungen hervorrufen kann; das kann man vor allem an dem heraklaeischen Stein[4]), den sie Magnetstein nennen, beobachten; denn Eisen, das ihn berührt hat, hängt an ihm

---

[1]) Galeni opera ed. C. S. Kühn, Bd. XII, S. 365. Leipzig.

[2]) Ibid. XI, S. 373.

[3]) E. du Bois-Reymond, a. a. O., S. 19. Galeni opera (Kühn), Bd. VIII, S. 421. 1824.

[4]) Auch Herkulesstein; er ist also nicht nach einem Ort, sondern nach seiner Kraft benannt.

ohne ein Band; ein anderes zweites Stück, das das erste berührt, hängt an diesem und ebenso ein drittes an dem zweiten.

Auf den ägyptischen Denkmälern findet sich wahrscheinlich eine Abbildung des Zitterwelses.

Von seinen elektrischen Schlägen, die doch den Ägyptern aufgefallen sein müßten, ist niemals die Rede. Wieder ein Beweis, wie ungenügend unser ägyptologisches Material noch ist.

Wir wenden uns jetzt zu den Mitteilungen der arabischen Autoren über den Zitterrochen. Sie geben für denselben drei Fundorte an, das Kaspische Meer, den Nil und das Meer bei Malaga. Im Arabischen heißt der Fisch *Ra"âd*. Man könnte geneigt sein, seinen Namen mit der einen Bedeutung „donnern" von *ra'ada* zusammenzubringen, um auf diese Weise eine Beziehung zwischen dem Donner, dem Blitz und unseren modernen Anschauungen zu gewinnen[1]). Mir scheint es richtiger, das Wort hier in der Bedeutung „erschrecken, erschüttern" zu nehmen (vgl. oben den griechischen und lateinischen Namen). In Dozys Lexikon findet sich das Wort in der Bedeutung Schleudermaschine, eine Übertragung vom Namen des Fisches, wie sie sich in unseren Torpedogeschossen wiederfindet. — Die einfachere Bedeutung folgt wohl auch daraus, daß *Maṣ'ûdî* (vgl. w. u.) mit der achten Verbalform von *ra'ada* sagt „und des Fischers Hände erzittern" (vgl. auch S. 322 die Stelle bei *Ibschîhî*).

Folgende arabische Berichte über den Zitterrochen sind mir bekannt geworden.

Abû Ḥâmid[2]) (gest. 565 d. H. = 1169/70 D.) erzählt in seinem Werke *Tuḥfat al Albâb*: „Und im Mittelmeer gibt es einen Fisch, der *ra"âd* genannt wird, auch findet sich dieser Fisch im Nil mit derselben Eigenschaft."

„Und wenn er im Netze ist, so durchbebt jeden, welcher

[1]) So meint z. B. schon E. Geoffroy (Gilb. Ann. Bd. 14, S. 414. 1803), nachdem er auf die Gleichheit der Worte für Zitterrochen und Donner bei den Arabern hingewiesen hat: „Sollten nicht die Araber, da sie dem Krampfrochen und Zitterrochen diese Namen gaben, die Erscheinungen der tierischen Elektrizität auf die Erscheinungen der Gewitterelektrizität haben beziehen wollen?"

[2]) G. Jacob, Studien in arabischen Geographen, Heft 3, S. 82.

jenes Netz bewegt oder seine Hand daran oder nur an das Seil des Netzes legt, ein Schlag, so daß er sogar die Besinnung verliert, ähnlich wie der vom Quartanfieber Betroffene zuckt, wenn er an Halblähmung leidet. Entfernt er seine Hand, so hört das Durchzittertwerden auf; wenn er aber seine Hand wieder an den Strick oder das Netz bringt, stellt es sich wieder bei ihm ein."

Ibn el Baiṭâr beschreibt unter dem Artikel *Ra"âd*[1]) (Rochen) die medizinischen Wirkungen, wie sie Galen angibt.

Er berichtet ferner: In Malaga, seiner Heimatstadt, wurde ein dem ägyptischen Rochen ähnlicher an den Strand geworfen, er hieß dort *'arûna*. Er besaß in noch höherem Maße als der ägyptische die Eigenschaft, eine Lähmung der Glieder hervorzurufen.

Nach Avicenna[2]) entfernt der „Rahudat" die Kopfschmerzen (lateinisch soda = Migräne); dabei bezieht er sich auf die oben erwähnte Galenstelle.

Nach *Qazwînî* wird der Zitterrochen in Ägypten bei *Tinnis* und im Kaspischen Meer gefunden.

Er berichtet von ihm[3]): Ein kleiner Meerfisch (*Ra"âd*), der einen sehr starken Krampf hervorruft. Zu seinen Eigentümlichkeiten gehört, daß, wenn er in das Netz gerät, man den Strick nicht festhalten kann, und zwar auch nicht, wenn er lang ist. Läßt der Fischer ihn nicht los, so wird durch die Kälte des Fisches seine Wärme vollkommen ausgelöscht[4]). Die Fischer wissen dies, und wenn sie ihn merken, so binden sie das Seil des Netzes an einen Baum oder Stein oder Pflock, bis der Fisch stirbt. Wenn er tot ist, so hört diese Eigentümlichkeit auf .... Avicenna sagt: Nähert man einen lebenden

[1]) *Ibn el Baiṭâr*, arab. Text I, S. 141; Übersetzung von Leclerc: Notices et Extraits Bd. 25, S. 177. 1881.

[2]) Avicenna, Lateinische Übersetzung des Canon Liber II, Tractatus II, in dem die Simplicia behandelt sind, unter dem Buchstaben R. Der arabische Text stand mir leider nicht zur Verfügung.

[3]) Qazwînî, Arabischer Text Bd. 1, S. 135, Ethé S. 275; im arabischen Text Bd. 2, S. 119 ist nur das Vorkommen im Kaspischen Meer kurz erwähnt.

[4]) Ähnlich sagt Gesner: . . . so entschläft das Glied, bekommt von großer Kälte, so von solchem Fisch gehet, eine Unempfindlichkeit, ein Einschlafen. (Brehm, Thierleben. Bd. 8, S. 465. 1892.)

Ra"âd dem Kopf eines, der Kopfschmerzen hat[1]), so benimmt er ihm jedes Gefühl.

Bei *Maṣ'ûdî*[2]) (vgl. über ihn w. u.) heißt es:

Im Nil und auf dem Boden Ägyptens kommen mehrere Arten von Land- und Seegetier vor. Zu den Arten gehört der unter den Namen *Ra"âd* bekannte Fisch, der etwa eine Elle lang ist. Fällt er in das Netz des Fischers, so erzittern dessen Hände und Arme, hieraus erkennt er die Anwesenheit dieses Fisches. Er beeilt sich ihn zu fassen und aus dem Netz herauszuwerfen. Berührt man ihn auch nur mit einem Stock oder einer Rute, so übt er eine Wirkung aus. Galen gibt an, daß, wenn man ihn auf dem Kopf eines, der an heftigen Kopfschmerzen oder an einseitiger Migräne[3]) (Schaqiqa) leidet, legt, so hören sie sogleich auf; der Fisch muß aber lebendig sein.

Auch bei *Ibschîhî* (französische Übersetzung Bd. 2, S. 388, arabischer Text Bd. 2, S. 121) ist die Wirkung des Zitterrochens beschrieben: Im Meer findet sich noch ein Fisch, der den Namen Ra"âd führt. Kommt einer dieser Fische in ein Netz, so kommt über alle, die das Netz ziehen oder die Hand daraufl egen, ein Zittern (Ra'da), das sie nicht überwinden können, wie es dem Menschen geht, der Fieber hat. Ziehen sie die Hände fort, so hört die Bewegung sogleich auf, und wenn sie sie wieder darauflegen, so werden sie von neuem erschüttert. Vgl. oben die Stelle von *Abû Hâmid.*

Erwähnt ist der Zitterrochen noch bei *Idrîsî* (franz. Übersetzung von Joubert I, S. 31. Paris 1336—40), ferner bei *'Abd el Laṭîf*, herausgegeben von de Sacy. Paris 1810.

3. Über Magnetismus.

a) Versuche von Geber. Über das Wesen des Magnetismus. Über die Tragkraft von Magneten. Influenzmagnetismus.

Außer dem allgemein bekannten Versuch über die Anziehung des Eisens durch den Magnetstein waren den Alten

---

[1]) Es muß wohl *maṣdû'* heißen und nicht, wie der Text hat, *maṣrû'*; das erste entspricht den Angaben von *Ibn al Baiṭâr* und Galen.

[2]) Die Goldwäschereien und die Minen der Edelsteine von Maṣûdî. Text und französische Übersetzung, Bd. 2, S. 392. Paris 1861.

[3]) Die französischen Übersetzer haben irrtümlich „blessure".

noch eine große Anzahl anderer bekannt[1]). Hier zunächst möge eine schon früher kurz mitgeteilte Stelle[2]) ausführlich wiedergegeben werden, die einer Schrift des Alchemisten Geber[3]) entnommen ist. Der Titel dieser Schrift lautet: Das Buch der Barmherzigkeit (*Kitâb el Raḥma*) von *Abû Musâ Ǵâbir ben Hajjân el Umawî el Azdî el Ṣûfî*.

Es handelt sich also um Ausführungen, die dem bekannten arabischen Alchemisten Geber[4]) zugeschrieben wurden, der im 8. bezw. 9. Jahrhundert gelebt haben soll.

Schon in einer früheren Notiz (a. a. O.) habe ich darauf hingewiesen, daß die in den vorhandenen Manuskripten enthaltenen Werke des berühmten arabischen Alchemisten *Ǵâbir ben Hajjân*, nach dem die Alchemie von den Arabern geradezu die Wissenschaft des Geber genannt wurde, nicht von demselben Geber herrühren können, dessen ins Lateinische übersetzte chemische Schriften, für die Weiterentwicklung der Chemie im Abendlande von so großer Tragweite geworden sind. Zu demselben Resultat gelangt auch M. Berthelot auf Grund ausführlicher Studien (in dem oben zitierten Werk S. 167).

Der Anfang der Schrift lautet nach der Segensformel „*Abû ʿAbd Allâh Muḥammed ben Jaḥjà* berichet, daß *Abû Mûsâ Ǵâbir* gesagt hat"; wir ersehen aus diesem Eingang, daß es sich um eine Bearbeitung eines Werkes durch einen Schüler handelt.

---

[1]) Ausführliches darüber findet sich u. a. in den S. 315 erwähnten Schriften von A. von Urbanitzky, Th. Martin, S. Günther.

[2]) E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 4, S. 320. 1878.

[3]) Die Schrift Gebers ist nach einer Leydener Handschrift (Katalog der Leydener orient. Handschriften Nr. 1264, Bd. III, S. 198) arabisch und französisch publiziert in M. Berthelot, La Chimie au moyen âge, Tome II: L'Alchimie arabe. En collaboration avec M. Houdus. Paris 1893. Sie steht im französischen Text S. 163, im arabischen S. 132. Die angeführten Stellen finden sich S. 175 bezw. S. 144.

[4]) Das Leben Gebers bezw. die Berichte über denselben genauer mitzuteilen würde zu weit führen. Vgl. hierzu F. Wüstenfeld S. 12, Nr. 25; C. Brockelmann Bd. 1, S. 240; M. Berthelot a. a. O., S. 2 u. folgende; Ibn Khaldûn, Prolegomènes, übersetzt von Slane Bd. III, S. 208, aus, Notices et extraits Bd. 21. Paris 1878. Eine ausgezeichnete Übersicht über die Literatur über Geber, soweit nicht unübersetzte Texte in Betracht kommen, und über die Leistungen desjenigen Gebers, der als Verfasser der unter seinem Namen gehenden lateinischen Schriften gilt, hat H. Kopp gegeben (Beiträge zur Geschichte der Chemie, 3. Stück. Braunschweig 1875).

Das Werk will eine verständliche Darstellung der Alchemie geben. Es will sich der Unwissenden und Irrenden erbarmen; diese zerfallen in zwei Teile: Betrüger und Betrogene; das Buch schließt mit der Ermahnung, daß diejenigen, die es nicht verstanden haben, sich nicht weiter mit der Alchemie beschäftigen sollen. — Es enthält im wesentlichen philosophische Betrachtungen, die wenig lehren.

Im großen und ganzen gilt für dies Werk wie für die anderen von M. Berthelot publizierten Gebers das Urteil *Ibn Khaldûns* († 1406 in Tunis)[1]), eines der geistvollsten der arabischen Historiker. Er sagt: „Dieser Verfasser *(Ǧâbir ben Hajjân)* schrieb über die Alchemie und hinterließ 70 Briefe, die alle Rätselsammlungen gleichen. Geber selbst behauptete sogar, daß man, um den Schlüssel für den Sinn dieser Abhandlungen zu haben, schon im voraus die ganze Wissenschaft, die sie enthielten, kennen müsse."

Im Zusammenhang mit der Unterscheidung zwischen geistigen Kräften und Körpern werden nun die folgenden hochinteressanten Versuche und Betrachtungen von Geber mitgeteilt: „Und das stärkste, was in dieser Welt existiert, sind die feinen geistigen[2]) Dinge, die man nicht mit den Sinnen wahrnimmt; sie werden nur mit dem Verstande wahrgenommen; wie der Stein das Eisen durch eine geistige Kraft anzieht, die man nicht fühlt und nicht sieht. Sie dringt durch das Dichte des Messings[3]) (*Sufr*), während das Messing zwischen ihr (d. h. dem Magnetstein)[4]) und dem Eisen sich befindet, so weit sie will". [Danach kannten die Araber die Wirkung des Magnetsteins durch andere Körper hindurch.]

An wenige Zwischenbemerkungen über solche Kräfte, die den Namen „Eigenschaften" tragen, schließt sich folgender Absatz an.

„Die Gifte wirken dank ihrer geistigen Eigenschaften;

---

[1]) C. Brockelmann, Bd. 2, S. 242.

[2]) „Geistig" wird hier zum Teil auch im Sinne von „flüchtig" benutzt, so sprechen wir auch von Weingeist, Salmiakgeist. El Râzî teilt z. B. die Substanzen in Geister (flüchtige) und in Körper (nicht flüchtige) ein.

[3]) Berthelot übersetzt Schwefel, doch heißt dieser stets im Text *Kibrît*. Statt des Messings kann auch ein anderes gelbes Metall gemeint sein.

[4]) Die Araber ebenso wie die Griechen kennen fast nur den Magnetstein.

Moschus, Ambra und die übrigen Wohlgerüche wirken ebenso. Alle diese Dinge üben infolge von geistigen Kräften, die man nicht sehen und nicht fühlen kann, Wirkungen auf einem Umkreis aus, der größer als ihr Volumen ist. In der Tat riecht man den Geruch von Moschus, Ambra und entsprechender Körper weit von den Körpern fort, während ihr Umfang doch beschränkt ist. Diese geistigen Kräfte modifizieren sich, ohne daß das Gewicht der Körper sich ändert; denn sie haben dasselbe Gewicht wie vor dem Verschwinden ihrer Kräfte[1]).“

Anschließend an diese Betrachtungen heißt es dann weiter, gleichsam zur Bestätigung des eben Gesagten:

„*Abû Mûsà Ǵâbir ben Ḥajjân* sagt: Es war ein Magnetstein, der 100 Dirhem [etwa = 300 g] Eisen aufhob. Er blieb einige Zeit bei uns, dann näherten wir ihn einem anderen Eisenstück, und er hob es nicht auf. Wir glaubten, daß sein Gewicht größer als 100 Dirhem [etwa = 300 g], sei, und wogen es, und siehe da, es wog nur 80 Dirhem [etwa = 240 g]. Es hatte also seine Kraft abgenommen, sein Gewicht war aber dasselbe wie zuvor geblieben.“

Hieran anknüpfend wird die Ansicht entwickelt, daß die Substanzen aus Körper (*Ǵism*) und Geist (*Rûḥ*) bestehen. Je nachdem das eine oder andere überwiegt, sind sie mehr oder weniger flüchtig. Die Behandlung dieser Fragen würde hier zu weit führen.

Daß auch sonst die Frage nach den Ursachen der Wechselwirkung zwischen Magnet und Eisen behandelt wurden, lehren einige

---

[1]) Bei den oben beschriebenen Erfahrungen und Versuchen, die bei der großen Verbreitung von Parfüms bei den Arabern sehr nahe lagen, handelt es sich offenbar nicht um die reinen Körper Moschus und Ambra, sondern um Gegenstände, die mit ihnen parfümiert sind.

[2]) Nach de Khanikoff (Journal American Oriental Society Bd. 6, S. 80. 1857) ist im Mittel ein Miṯqâl 4,5 g und gleich $1^{3}/_{7}$ Dirhem, also ist 1 Dirhem etwa 3 g. — Sehr ausführlich sind die Münzen, Gewichte und Maße von H. Sauvaire behandelt, und zwar die für den Naturwissenschaftler wichtigen Gewichte im Journal asiatique 8 serie Bd. 3 S. 368. Bd. 4, S. 207. 1884; Bd. 5, S. 498. 1885. Hier ist eine zusammenfassende Tabelle gegeben, die Volumenmaße Bd. 7, S. 124 und S. 394; Bd. 8, S. 113 und S. 272, 1886; die Längen- und Oberflächenmaß Bd. 8, S. 479. — Eine interessante Tabelle über den Wert der Gegenstände in den verschiedenen Epochen enthält Bd. 10 S. 200. 1887.

Büchertitel. So hat el Râzî (Rhases) folgende Schrift geschrieben[1]): „Über die Ursache der Anziehung des Eisens durch den Magnet, nebst einer ausführlichen Abhandlung über den leeren Raum (*Chalâ*)“[2]). Leider ist sie uns nicht erhalten. Wahrscheinlich enthält sie Betrachtungen darüber, wie ein Körper durch den leeren Raum wirken könne.

Bei *Qazwînî* kommen den Geberschen Anschauungen verwandte vor. Qazwînî sagt: „Zwischen anderen [Körpern] ist eine heftige Anziehung vorhanden, so zwischen dem Eisen und dem Magnetstein, und zwischen diesen beiden Steinen besteht eine große Zuneigung. Wenn das Eisen den Geruch [die Ausströmung] des Magnetsteins riecht, so bewegt es sich, bis es ihn erfaßt hat und ihn festhält, wie der Liebende den Geliebten [Arabischer Text Bd. 1, S. 210, Ruska, S. 7].

Außerordentlich häufig wird die gegenseitige Wirkung von Magnetstein und Eisen mit der Anziehung zwischen dem Liebenden und dem Geliebten, wie in der obigen Stelle, zusammengestellt, so auch von Qazwînî an einer anderen Stelle (arabischer Text, S. 239, Ruska S. 38): „Das Eisen gehorcht diesem Stein wegen einer ihm von Gott eingepflanzten Kraft, und es hört nicht auf, angezogen zu werden, wie der Liebende von dem Geliebten.

Vorstellungen wie die von Geber entwickelten finden sich übrigens schon früher im Altertum und später im lateinischen und arabischen Mittelalter, so bei Averroes (Ibn Roschd, gest. 1198).

Die Wechselbeziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen haben die Alten nicht gekannt (vgl. A. von Urbanitzky, a. a. O., S. 110). Indes findet sich an der oben erwähnten Stelle aus Galen (S. 319) ein Vergleich zwischen der Übertragung der Wirkung des Zitterrochens und des Magneten.

Die Tragkraft des von Geber benutzten Magneten war nach den obigen Angaben eine sehr große, da sie 250—310 g betrug.

[1]) Vgl. F. Wüstenfeld, S. 46, Nr. 88. Im Fihrist, S. 301 heißt es nur Buch über die Ursache des Anziehens des Magnetsteins. Ibn Abi Uṣaibi'a Bd. 1, S. 321.

[2]) Ibschîhî, Bd. 2, Übersetzung S. 338, arabischer Text S. 121.

Andere quantitative Angaben sind folgende:

Ibschîhî[1]) sagt: Der geschätzteste Magnetstein ist derjenige, der ein halbes Miṭqâl (= 2,2 g) Eisen zu sich anziehen kann. [Diese Angabe entspricht einigen von mir angestellten Beobachtungen an kleineren Magneteisensteinen].

Tîfâschî[2]), ein bekannter Mineralog der Araber, sagt: „Die besten Stücke des Magnetsteines sind diejenigen, welche eine große Anziehung auf das Eisen ausüben".

Über den Wert des Magnetsteins bemerkt el Tîfâschî: „Ist der Magnetstein vollkommen und besitzt er eine starke Anziehung für das Eisen, so kostet die Úqîja $^1/_4$ Dinâr (etwa 2—3 Mark) [1 Dinâr entspricht in der alten Zeit 4,25 g[3]) Gold, (ein Zwanzigmarkstück wiegt ca. 7,5 g) und die Úqṭja entspricht der Unze, ihre Größe ist verschieden, die gesetzliche Unze entspricht ca. 33,5 g, die bei den Medizinern übliche 26 g][5]).

Die Wirkung von influenziertem Magnetismus ist vielfach beobachtet worden.

Nähert man einem Magnet einen Ring aus weichem Eisen, so haftet der Ring an ihm; nähert man einen zweiten Ring dem ersten, so haftet der zweite am ersten, so daß man eine lange Reihe von Ringen, die durch bloßen Kontakt aneinander hängen, bilden kann. Dieser Versuch ist für Ringe und andere Gegenstände aus Eisen von zahlreichen Autoren des Altertums

---

[1]) Cl. Mullet: Journal asiat 6. ser., Bd. 11, S. 170. 1868. In seiner mehrere Artikel umfassenden Schrift „Essai sur la minéralogie arabe" hat Cl. Mullet zahlreiche Angaben gesammelt. Die ersten 4 Kapitel der Schrift von Tîfâschî sind publiziert in S. Ravius, Specimen arabicum continens descriptionem et excerpta libri Achmedis Teifaschii de Gemmis et lapidibus pretiosis. Traj. ad. Rhenum 1784; das ganze ist publiziert, wenn auch nach einem wenig vollständigen Text, als: Fior di pensieri sulle pietre preziose di Achmed Teifascite ... di aut. Reineri, Firenze 1818. Über Tîfâschî vgl. C. Brockelmann Bd. 1, S. 495. Die letzterwähnte Ausgabe nennt er nicht.

[2]) In der zuletzt erwähnten Ausgabe findet sich die Stelle über den Magnet in der italienischen Übersetzung S. 49, im arabischen Text S. 37.

[3]) A. von Kremer, Kulturgeschichte Bd. 1, S. 170.

[4]) H. Sauvaire, Journ asiatique 8. série, Bd. 3, S. 380. 1884.

[5]) Die Unze (Ûqîje) ist nicht ohne weiteres mit der modernen Oka zu identifizieren; das Gewicht der letzteren ist zur Zeit in der Türkei = 1283 g (= 2 Pfund).

beschrieben worden, H. Th. Martin[1]) zählt dieselben auf. Eine Stelle aus Galen ist oben (S. 319) erwähnt worden.

Eine andere Stelle findet sich in dem Steinbuch des Aristoteles[2]) im Abschnitt: Behandlung des Steines, welcher heißt el beneg, d. h. Magnet oder Calamita, der das Eisen anzieht. [Die Wirkung wird dem Magneten allein zugeschrieben.] Er macht das Eisen sich bewegen, als ob es einen lebendigen Geist in sich hätte, dann heißt es: Und so groß ist der Gehorsam des Eisens gegenüber diesem Steine, daß, wenn viele Nadeln in die Erde eingesteckt sind und man jenen Stein ihnen nähert, sich alle Nadeln am Stein anheften; oder wenn eine sich an den Stein geheftet hat, die anderen sich an diese anreihen, so daß eine an der anderen hängt.

Das letztere ist in einer anderen Überlieferung des Buches[3]) noch präziser gefaßt. „Eine Eigenschaft dieses Steines besteht darin, daß er Eisen anzieht. Ordnest du daher eiserne Nadeln so an, daß eine vor der anderen liegt und sie sich berühren, und näherst du diesen Stein der letzten Nadel, so zieht sie sie mit allen anderen an."

Ganz analog erzählt *el Tifâschî* (Ausgabe von Reineri arab. Text S. 37, Übersetzung S. 49). Aristoteles sagt in seinem Steinbuch, daß der Magnetstein sich in seinen Gruben begann zu Eisen zu bilden. „Da aber Hitze und Trockenheit zu ihm traten, so wurde er ein schwarzer und sehr harter Stein . . . So ist der Magnetstein ein schwarzer Stein geworden, dem dieselbe Natur innewohnt wie dem Eisen. Daher zieht er es an infolge der Zuneigung und der Liebe, welche bei Beginn ihrer Existenz zwischen ihnen bestand. Wie weit der große Gehorsam des Steines gegenüber dem Eisen und des Eisens gegenüber dem Steine geht, zeigt folgende Erscheinung: man nimmt dünne Eisenstücke, z. B. Nadeln, steckt sie in die Erde, dann wird mit einer von ihnen der Stein in Berührung gebracht, und wenn sie an ihm haften bleibt, nähert man sie der nächsten, so daß diese sich mit einem Ende mit der nächsten verbindet, welche [wieder] der nächsten anhaftet, bis der Beschauer glaubt, daß

[1]) H. Th. Martin a. a. O., S. 23.

[2]) V. Rose, Aristoteles de lapidibus etc. Zeitschr. für deutsches Altertum Bd. 18, S. 367. 1875.

[3]) a. a. O., S. 392.

sie aneinander gereiht sind. Der letzte Teil der obigen etwas unklar ausgedrückten Stelle entspricht im wesentlichen der Stelle in dem von V. Rose herausgegebenen Steinbuch des Aristoteles.

Wir ersehen aus diesen Bemerkungen, daß *el Tîfâschî* die chemische Verwandtschaft von Eisen und Magnet kannte, aus der er die wirkenden Kräfte ableitet; ferner betont er, daß sowohl der Magnetstein das Eisen wie daß das Eisen den Magnetstein anzieht.

Noch eine Stelle, die eine etwas andere Anordnung des gewöhnlichen magnetischen Versuches gibt, sei erwähnt; sie stammt aus dem syrischen „Buch der Naturgegenstände“ [1]), das vielfach dem Physiologus entnommen ist und am Schluß als von Aristoteles verfaßt bezeichnet wird. Es heißt dort (S. 82): „So oft der Stein maγnâtîs Eisen bei sich sieht, so zieht er es an, indem es ihm anklebt und ihn durchaus nicht losläßt. Und man prüft ihn auf die Weise, daß man kleine Stücke, die mit einer Feile abgefeilt sind, zur Erde wirft und den Magnet mit der Hand darüber hält; dann zieht er die Eisenstücke an sich, indem von ihnen auch nicht eines auf der Erde liegen bleibt.“

b) Änderung der Magnetisierung mit der Zeit. Erzeugung von Stahlmagneten. Zum Kompaß.

Aus den obigen Beobachtungen von *Geber* ergibt sich, daß der Magnetstein mit der Zeit einen Teil seines Magnetismus (seiner anziehenden Kraft) verliert. Dasselbe geht aus einer Stelle von *Qalqaschendî* hervor, während nach *Ibn el Faqîh* die magnetisierende Wirkung eines Magnetsteines sehr lange erhalten bleibt. Von beiden Verfassern wird die Magnetisierung von Stahl, d. h. die Erzeugung von permanenten Magneten geschildert. Eine Beobachtung, die leider keine allgemeinere prinzipielle Verwendung fand.

Die hierher gehörige Stelle lautet bei *Ibn el Faqîh* (a. a. O.): „Daselbst (bei *Âmid*) gibt es auch ein anderes Wunder, daß nämlich, wenn man an diesem Berge ein Messer, Eisen oder Schwert reibt, jenes Schwert und Messer Eisen trägt und dünne und dicke Nadeln anzieht mit größerer Kraft als der Magnetstein. Ferner ist es wunderbar, daß jener Stein selbst kein Eisen anzieht, wenn aber an ihm ein Messer oder Schwert gerieben

[1]) K. Ahrens, Das Buch der Naturgegenstände. Kiel, 1892.

wird, zieht es Eisen an: Schließlich ist es noch wunderbar, daß, wenn er auch hundert Jahre bliebe, jene Kraft in ihm konstant wäre."

Der oben erwähnte *Qalqaschendî* berichtet ganz ähnlich: „Wenn mit dem Stein dieses Berges ein Messer oder ein Schwert geschärft wird, so drückt darauf Eisen gar keine Spur ein, und es zieht kleine und große Nadeln stärker an als der Magnetstein, und seine Wirkung hört bei starkem Gebrauch nicht auf, wie es bei dem Magnetstein der Fall ist: der Stein selbst hat keine Anziehungskraft."

Daß der Magnetismus im Schwert und Messer nicht verschwindet, liegt daran, daß wir es bei ihnen mit Stahl zu tun haben. Wir erhalten einen permanenten Magneten. Die Magnetisierung geschieht von den Arabern unbewußt nach der von uns benutzten Strichmethode, durch die man selbst durch schwach magnetische Körper Stahl etc. stark magnetisieren kann. Der Magnetismus des betreffenden Gesteins war wohl zu schwach, als daß man ihn mit den damaligen rohen Hilfsmitteln hätte beobachten können.

Eine permanente Magnetisierung von Nadeln haben wir auch in der bekannten Stelle[1]) über die Anwendung des Magneten bei der Schifffahrt, in der die Herstellung eines Kompasses beschrieben wird[2]):

„Zu den Eigenschaften des Magneten gehört es, daß die Kapitäne des Meers von Syrien, wenn die Atmosphäre in der Nacht so dunkel ist, daß sie gar keinen Stern wahrnehmen können, um sich auf grund der vier Himmelsrichtungen zu orientieren, ein Gefäß, gefüllt mit Wasser, nehmen und dieses im Innern des Schiffes, gegen den Wind geschützt, aufstellen; dann nehmen sie eine Nadel und stecken sie in eine Binse[3])

---

[1]) Sie findet sich in dem Werk: Das Buch des Schatzes der Kaufleute in der Kenntnis der Steine von *Bailak el Qabaǵâqi*, das im Jahre 1282 verfaßt ist.

[2]) A. von Urbanitzky, a. a. O., S. 49. J. Klaproth, Lettre à Mr. Al. de Humboldt, S. 59. Der arabische Text und eine Übersetzung bei Cl. Mullet, J. asiatique 6. ser., Bd. 11, S. 174. 1868.

[3]) Statt *samura* wird *sammâra* zu lesen sein, vgl. zu letzterem Dozy Suppl. Bd. 1, S. 682, Ascherson et Schweinfurth, Illustration de la flore d'Égypte, S. 234: *sammâr* Juncus acutus Lam., Juncus maritimus Lam.,

oder einen Strohhalm[1]), derart, daß diese ein Kreuz bilden. Sie werfen dieses auf das in dem erwähnten Gefäße befindliche Wasser und lassen es auf dessen Oberfläche schwimmen. Hierauf nehmen sie einen Magnetstein, groß genug, um die Handfläche zu bedecken, oder auch kleiner. Sie nähern ihn der Wasseroberfläche, geben ihrer Hand eine Drehung nach rechts, und dabei dreht sich die Nadel auf der Wasseroberfläche; dann ziehen sie ihre Hände plötzlich und rasch zurück, worauf die Nadel nach zwei Punkten nämlich Nord und Süd zeigt. Ich habe sie mit meinen eigenen Augen dies ausführen gesehen während meiner Seereise von Tripolis in Syrien nach Alexandrien im Jahre 640" (beginnt am 1. Juli 1242 nach unserer Zeitrechnung).

Dieser Erzählung fügt Bailak noch folgende Bemerkung bei: „Man sagt, daß die Kapitäne, welche das indische Meer befahren, die Nadel mit der Binse durch eine Fischfigur aus Eisenblech ersetzen, welche hohl und derart verfertigt ist, daß sie, in Wasser geworfen, auf diesem schwimmen kann und durch ihren Kopf und Schweif die beiden Himmelsrichtungen, Süd und Nord, anzeigt."

Die älteste Nachricht über den Kompaß dürfte folgende[2]) sein: *Ibn ʿAdârî* zitiert einen arabischen Vers aus dem Jahre 854 n. Chr., in welchem der *qaramît* (calamita) in einem Zusammenhang erwähnt wird, der auf einen Schiffskompaß schließen läßt.

Hierher gehört auch folgende von Cl. Mullet a. a. O., S. 173, leider ohne Angabe der Quelle, mitgeteilte Stelle: „Ich sah von ihm (dem Magnetstein) zwei Seiten, die eine zog das Eisen an, die andere machte es fliehen" (stieß es ab). Offenbar war das Eisen vorher durch Berührung mit dem Magnetstein magnetisiert. Ähnliche Beobachtungen aus dem Altertum teilt Th. H. Martin a. a. O., S. 25 mit.

Cyperus laevigatus L. etc. Man hat bisher fälschlich an *samura* Acacia spirocarpa gedacht.

[1]) Einen langen Strohhalm kennt der Orient nicht, da der dort übliche Dreschschlitten nur kurze häckselähnliche Schnitte liefert.

[2]) E. Wiedemann, Naturwissenschaften bei den Arabern, S 20, und besonders G. Jakob, Östliche Kulturelemente im Abendland, S. 13. Berlin 1902.

4. Optische Beobachtungen.

a) Über die Brennkugel.

In einer früheren kleinen Notiz habe ich[1]) auf eine außerordentlich interessante Schrift von *Ibn al Haiṭam*, dem Al Hazen des Abendlandes, über die Brennkugel hingewiesen, deren vollständige Publikation sich leider bisher noch verzögert hat. Das Endresultat der Untersuchung ist: Bei jeder glatten undurchsichtigen Kugel von Glas oder einer ähnlichen Substanz wird die Wärme der Sonnenstrahlen in einer Entfernung von der Kugel vereint, die kleiner als ein Viertel des Durchmessers ist.

Über die Kenntnisse der Alten über Brenngläser (nicht Brennspiegel) hat H. Martin[2]) eine sehr interessante Zusammenstellung gegeben.

Eine Angabe über das Feueranzünden durch die Sonnenstrahlen findet sich auch in der Kosmographie von *Qazwini*[3]). Sie lautet: „Befindet sich der Bergkristall (*Bellûr*) der Sonne gegenüber und wird ihm ein schwarzer Lappen oder eine Baumwollflocke genähert, so ergreift sie das Feuer, und wer etwas an diesem Feuer anzünden will, kann es tun.“ Qazwînî, der wesentlich Kompilator ist und vielfach aus abgeleiteten Quellen geschöpft hat, hat offenbar den Versuch nicht ganz richtig beschrieben. Er hat das Wort „Kugel“ ausgelassen, und es muß heißen: Befindet sich eine „Kugel aus Bergkristall (*Bellûr*)“. Zu beachten ist, daß ausdrücklich von Bergkristall die Rede ist.

Eine ähnliche Bemerkung steht auch in dem Werk von Arnoldus Saxo de Lapidibus[4]), der am Anfang des 13. Jahrhunderts gelebt haben dürfte. Die Schrift beruht ganz auf älteren Quellen. In ihr heißt es: „Berillus, ein Stein. Wenn er dem Auge der Sonne gegenüber gestellt wird und abgerundet wird, so entzündet er Feuer. (Hier ist die Rundung erwähnt.) — Er macht groß (magnificat) den Menschen und erzeugt den Beischlaf. (Ob

---

[1]) E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 7, S. 679. 1879.

[2]) Th. H. Martin, Bulletino di Bibliographia etc. di Boncompagni 1868.

[3]) Qazwînî arab. Text Bd. I, S. 212. J. Ruska S. 9.

[4]) V. Rose, Aristoteles de Lapidibus und Arnoldus Saxo (Zeitschr. für deutsches Altertum Bd. 18, S. 431. 1875). Die Schrift Roses enthält für die Geschichte der Naturwissenschaften außerordentlich viel Interessantes.

unter diesem Großmachen eine Vergrößerung wie durch eine Linse zu verstehen ist, mag dahingestellt bleiben.)

Über den Topas enthält dieselbe Schrift S. 446 folgende, wahrscheinlich verderbte Stelle: „Und er stellt das von außen aufgenommene Bild umgekehrt dar, wie in einem konkaven Spiegel.“ Wir sehen daraus, daß die Eigenschaften der Hohlspiegel allgemein bekannt waren.

b) Eine Beobachtung aus der physiologischen Optik von Ibn al Haitam[2]).

Die verschiedene Durchsichtigkeit der Körper wird von *Ibn el Haitam* († 1038) darauf zurückgeführt, daß sie mehr oder weniger dünn sind. So heißt es in der Abhandlung über das Licht: „Dick ist z. B. der Nebel und der Rauch und die staub- oder rauchvermischte Luft; wieder anderes ist dünn wie die Luftschichten zwischen Wänden, die dem Himmel nahe Luft und die Luft, welcher nichts anderes beigemischt ist; die dünnere Luft aber hat größere Durchsichtigkeit.“

Die Erklärung der gesperrten Stelle ergibt sich folgendermaßen:

Betrachten wir zwischen zwei Wänden hindurch einen Gegenstand, so erscheint uns derselbe heller, als wenn wir ihn ohne Wände sehen; im ersten Falle ist alles störende seitliche Licht abgeblendet. Nach demselben Prinzip wirken die Opernguckern ähnlichen Pappkästen ohne Linsen, durch welche man in Bildergallerien die Gemälde besieht, und ebenso die halbgeschlossene, an das Auge gebrachte Hand. Zur Beobachtung der Gestirne sind solche Röhren ohne Linsen schon früher benutzt worden.

Die Dünnheit der Luft hat natürlich mit der obigen Erscheinung nichts zu tun.

Zu *Ibn el Haitams* Leben und Schriften vergleiche F. Wöpcke, L'Algèbre d'Omar Al Chajjâmî, S. 73. Paris 1851; F. Wüsten-

[1]) Von Konkavspiegeln aus Smaragd spricht Plinius (Naturalis historia Lib. XXXVII § 62). Hierzu ist zu vergleichen J. Hirschberg, Geschichte der Augenheilkunde, S. 176. Leipzig 1899, die auch eine vorzügliche Darstellung der Optik der alten Griechen enthält.

[2]) Vgl. E. Wiedemann, Bulletino di Boncompagni April 1881, Wied. Ann. Bd. 20, S. 337. 1883; J. Baarmann, Zeitschr. D. M. G. Bd. 36, S. 196. 1882; E. Wiedemann, Zeitschr. d. D. M. G. Bd. 38, S. 145. 1884.

feld Nr. 130, S. 76; C. Brockelmann Bd. 1, S. 469; H. Suter, Die Mathematiker etc. S. 91; J. de Boer, Geschichte der Philosophie im Islam, S. 133.

Eine eingehende Besprechung des Lebens und der Leistungen dieses großen Gelehrten wird in einer der nächsten Mitteilungen gegeben werden.

Die psychologisch-optischen Anschauungen *Ibn el Haitams* sind behandelt von Siebeck in Steins Archiv für Geschichte der Philosophie Bd., 2 S. 414. 1903 und von J. de Boer, Geschichte der Philosophie, S. 133. H. Siebeck hat dies in seinen Abhandlungen zur Psychologie der Scholastik gethan, wobei auch *Ibn al Haitams* Anschauungen über Sinnestäuschungen etc. behandelt sind; die Arbeit ist um so dankenswerter, als die Darstellung von *Ibn al Haitam* selbst oft sehr breit ist. In Betracht kommen Buch 1 und 2 des Opticae Thesaurus, der von Witelo ca. 1269 übersetzt und von Risner in Basel 1572 herausgegeben wurde, und die Abhandlung über das Licht, übersetzt von J. Baarmann[1]).

c) Über die Dämmerung.

Die Dämmerung beruht bekanntlich, wie schon *Ibn al Haitam* (Al Hazen) zeigte, darauf, daß vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang die von der Sonne ausgehenden Strahlen in der Atmosphäre diffus reflektirt werden und Teile der Erde treffen, die sonst kein Licht erhalten würden. Man unterscheidet nun eine erste und eine zweite Dämmerung, die erste entsteht durch eine einmalige, die zweite durch eine zweimalige Reflexion.

Unter den einfachsten Voraussetzungen ist im Anschluß an *Ibn el Haitam* das Problem vielfach behandelt worden; unter der Berücksichtigung aller Umstände hat dasselbe dann W. von Bezold[2]) gelöst und hat er die mannigfachen bei der Abenddämmerung sich zeigenden Erscheinungen erklärt.

Ibn al Haitam hat das Problem der Dämmerung zweimal behandelt, einmal in seiner Abhandlung über das Licht[3]) und dann

---

[1]) In den oben erwähnten Abhandlungen ist von Arabern noch behandelt Avicenna a. a. O., Bd. 2, S. 22. 1889, die Lautern Brüder S. 28, Averroes S. 517, deren Forschungen aber weniger Interesse für den Physiker haben.

[2]) W. von Bezold, Pogg. Ann. Bd. 123, S. 240. 1864.

[3]) J. Baarmann, Zeitschrift d. D. M. G. Bd. 36, S. 219. 1883 u. E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 20, S. 342. 1883.

in einer nur lateinisch überlieferten Untersuchung De crepusculis et nubium ascensionibus (Über die Dämmerung und die Höhe der Wolken)[1]). In der ersten bespricht er nur die Morgendämmerung (*Ṣubḥ*), in der letzten macht er auf die Unterschiede zwischen der Farbe des Himmels kurz nach Sonnenaufgang und kurz vor Sonnenuntergang aufmerksam. In der Abhandlung über das Licht geht *Ibn al Haitam* von der Anschauung aus, daß in allen durchsichtigen Körpern unter dem Himmel eine Undurchsichtigkeit vorhanden ist, denn von einem jeden von ihnen geht, wenn das Sonnenlicht sie trifft, ein zweites Licht (diffus reflektiertes Licht) aus, wie von den undurchsichtigen Körper, wenn auf sie das Sonnenlicht trifft, nur ist das zweite Licht, das von den durchsichtigen Körper ausgeht, schwächer. [Ibn el Haiṯam verweist auf sein Werk über die Optik, Buch I § 31; ausführlicher ist die Sache im Buch II, § 4ff. behandelt.) Daß von der Luft ein zweites Licht ausgeht, das wird sichtbar bei der Morgendämmerung. — Nun wird gezeigt, daß das Licht der Sonne nicht die Erde treffen kann, wohl aber die Luft, die über der Erde ist, und geschlossen: Folglich ist das Licht, welches auf der Erdoberfläche zur Zeit des Morgens sichtbar wird, ein Licht, das von dem Lichte (nämlich der Sonnenstrahlen) ausgeht, welches in der über der Erde an dieser Stelle befindlichen Luft sich befindet.

In der Schrift De crepusculis wird dagegen das diffus reflektierte Licht auf Dämpfe, die sich in der Luft befinden, zurückgeführt. Als dritte Bedingung neben den geometrischen für das Auftreten der Dämmerung wird angeführt, daß etwas Dichteres noch vorhanden sein muß als die die Sphäre erfüllende Luft. Aus der Zeit, zu der die Dämmerung nach Sonnenuntergang sichtbar ist, wird auf die Höhe, bis zu der die Dämpfe sich erheben, geschlossen (was nach von Bezold nicht statt-

[1]) Al Hasan filii Al Hayzeni de crepusculis et nubium ascensionibus liber unus Gerhardo Cremonense interprete angehängt an den Opticae thesaurus von Risner, Basel 1572, S. 283. Über andere Drucke derselben Schrift vgl. Suter, Mathematiker S. 95. — In dem Wöpckeschen Verzeichnis der Schriften von Ibn el Haitam (L'Algèbre d'Omar Al Chajjâmi S. 78, Paris 1851 findet sich der Titel des Buches nicht, bei der Abweichung von dem sicher echten Traktat über das Licht könnte es vielleicht von einem andern Verfasser herrühren.

haft ist). Die Abhandlung über das Licht befaßt sich nicht mit diesen Fragen.

Die Araber unterscheiden bei der Morgendämmerung (*Ṣubḥ*) eine wahre (*ṣâdiq*) und eine falsche, lügnerische (*kâḏib*). Aus der oben mitgeteilten Stelle geht hervor, daß *Ṣubḥ* nicht der Morgen, sondern nur die Dämmerung sein kann. Dann würde die wahre der einfachen, die falsche der doppelten Reflexion der Strahlen entsprechen.

Ausführliches enthält nach Prof. Jacob eine türkische astronomische Abhandlung von *Sîdî ʿAlîzâde* auf Bl. 72 ff. des Leipziger Manuskripts, Cod. or. 232[1]).

Auf den Unterschied zwischen den beiden Dämmerungen dürfte sich auch folgender mir von Herrn Prof. Jacob mitgeteilter Vers von Sultan Mehmed II Fatih[2]) (Nr. 2, Vers 3) beziehen:

Daß ich auf dem Pfade der Liebe ein *Ṣâdiq* ward,
wie das Morgenrot,
ist Dir klar wie der Tag, oh mein leuchtender Mond.

Bei der außerordentlich scharfen Beobachtungsgabe dürften die Araber außer der zweiten Dämmerung auch die übrigen von W. von Bezold beschriebenen Erscheinungen beobachtet haben. Es wäre wohl bei dem Studium von Dichtern von Interesse, hierauf zu achten; vielleicht findet dann auch die eine oder andere dunkle Stelle eine entsprechende Erklärung.

d) Über die Lehre vom Sehen.

In einer früheren Arbeit habe ich einige Anschauungen der Araber über das Sehen mitgeteilt. Einige weitere Beiträge soll das folgende liefern.

Bekanntlich nahmen die Alten an, daß das Sehen durch die Kristallfeuchtigkeit (unsere Linse) geschieht. Als Grund dafür führt *ʿAlî ben ʿÎsâ* (gest. ca. 1010)[3]) an, daß, wenn sich zwischen Linse und Sehgegenstand ein Staar einschiebt, das Sehen auf-

---

[1]) L. Fleischer, Katalog der Leipziger Ratsbibliothek, S. 338.

[2]) Der Divân Sultan Mehmeds des zweiten, des Eroberers von Konstantinopel, von G. Jacob. Berlin 1904, S. 3.

[3]) *ʿAlî Ibn ʿIsà*, Erinnerungsbuch für Ärzte, übersetzt von J. Hirschberg und J. Lippert, S. 14. Leipzig 1904. Die Lebensschicksale etc. sind von den Übersetzern eingehend behandelt.

gehoben wird, wenn aber der Staar mittelst des Instrumentes fortgeschoben wird, das Sehen wiederkehrt.

In der erwähnten Notiz über die Lehre vom Sehen[1]) habe ich nach einer Stelle von Vincent von Beauvais mitgeteilt, daß *el Fârâbî*, der große arabische Philosoph, angenommen hat, daß das Sehen dadurch erfolgt, daß von den wahrgenommenen Dingen Strahlen zum Auge gelangen.

In der von F. Dieterici herausgegebenen und ins Deutsche übersetzten Schrift von *el Fârâbî* „Der Musterstaat" findet sich eine Stelle, die die Frage eingehender behandelt, und zwar gelegentlich der Untersuchung darüber, wie die Denkkraft denkt. Es heißt dort:

„Der Blick" [*El Baṣar*[2]), wir können es auch mit „die Sehfähigkeit" übersetzen] ist nämlich eine Kraft und eine Anlage im Stoff; er ist, bevor man durch ihn sehen kann, nur potentiell Blick, die Farben aber sind, ehe sie gesehen werden, nur potentiell sicht- und erschaubar.

In der Substanz der im Auge liegenden Sehkraft liegt aber nicht ein Genüge dafür, daß der „Blick" ein wirklicher werde, und ebensowenig liegt in den Substanzen der Farben ein Genüge dafür, daß sie wirklich gesehen und erschaut werden, denn die Sonne verleiht dem Blick (Auge) Licht, (*Ḍau*, Dieterici übersetzt Strahl), durch das er erleuchtet wird, auch verleiht sie den Farben Licht, wodurch sie erhellt werden, und ist somit der Blick erst durch das Licht, das ihm von der Sonne gespendet wird, aktuell sehend und wirklich sehfähig; auch werden die Farben erst durch dieses Licht wirklich geschaut und gesehen, nachdem sie vorher nur potentiell gesehen und geschaut werden."

Weiter heißt es: „Ebenso nun spendet dieser (der menschliche) Intellekt, der aktuell ist, dem Stoffintellekt Etwas, was er ihm einprägt. Dies letztere nun verhält sich zum Stoffintellekt wie das Licht zum Blick. Wie nämlich der Blick durch das Licht selbst das Licht, welches die Ursache seines Sehens ist, erschaut, und er dann auch die Sonne sieht, die ja

---

[1]) E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 39, S. 471. 1890.

[2]) F. Dieterici, Al Fârâbî, Der Musterstaat, S. 70. Leiden 1900, (*el Baṣar* entspricht wohl dem unten benutzten Wort ὄφις).

Ursache von dem Licht in seinem Auge ist, er endlich auch die Dinge schaut, welche nur der Kraft nach sehbar waren, jetzt aber wirklich sichtbar wurden, so ist es auch mit dem Stoffintellekt u. s. w.“

Nach F. Dieterici[1]) wird *el Fârâbî* bei der Lehre vom Sehen auch von Avicenna als Autorität angeführt.

Die Untersuchungen von *el Fârâbî* und anderen Arabern knüpfen vielleicht an eine Schrift „de visione“ von Alexander aus Aphrodisia (ca. 200 n. Chr.), dem hervorragenden Kommentator des Aristoteles an. Von ihm ist uns arabisch eine Schrift erhalten[2]), deren Titel lautet: Widerlegung derer, die behaupten, daß das Sehen nur stattfinden kann durch Strahlen, die von den Augen ausgehen. Ausführungen Alexanders[3]) über diesen Gegenstand sind z. B. in seinem Kommentar in librum de sensu von Aristoteles erhalten. Die Überschrift eines Abschnittes lautet *Ἄλογον δ' ὅλως τὸ ἐξιόντι τινὶ τὴν ὄψιν ὁρᾶν*, d. h. daß es ganz widersinnig sei, daß das Auge durch etwas Austretendes sehe.

Die früher erwähnte Schrift[4]) von *el Râzî* trägt fast denselben Titel: „Das Buch darüber, wie man sieht (Über die Wichtigkeit, „Quiddität“ des Sehens).“ Darin ist gezeigt, daß das Sehen nicht durch Strahlen stattfindet, die von dem Auge ausgehen, und er (sc. *el Râzî*, gest. 932) widerlegt in ihm Probleme aus der Optik des Euklid. Die widerlegten Probleme sind wohl die Anschauungen, daß das Sehen durch Sehstrahlen vor sich gehe.

---

[1]) F. Dieterici, Al Fârâbîs philosophische Abhandlungen, S. X. Leiden 1890. Zu Avicennas Anschauungen über das Sehen ist auch zu vergleichen M. Winter, Über Avicennas opus egregium de anima. Inaug.-Diss. Erlangen 1903.

[2]) Vgl. hierzu G. Wenrich, De auctorum Graecorum versionibus etc., S. 276. Leipzig 1842. Eine Handschrift ist in Berlin, Katalog von Ahlwardt Bd. 4, Nr. 5060, 23.

[3]) Alexandri in librum de sensu commentarius ed. Wendeland aus Commentaria in Aristotelem Graeca, Vol. III, Pars 1, S. 27. Berlin 1901.

[4]) E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 39, S. 470. 1890. Über el Râzîs Leben wird gelegentlich später zu handeln sein. Vgl. übrigens Suter, Mathematiker, S. 47; C. Brockelmann Bd. 1, S. 233; J. de Boer, S. 73.

Während die oben erwähnten Araber, el Fârâbî, el Râzî, Ibn Sînâ, richtige Vorstellungen besitzen, so vertritt der mit dem letzten von ihnen gleichzeitige ʿAlî ben ʿÎsà, wie sich aus der folgenden Stelle (Hirschberg und Lippert, a. a. O., S. 28) ergibt, die etwas modifizierten Anschauungen von Plato und Hippokrates[1]).

„Man sieht aber mittelst dieses Sehgeistes dadurch, daß er aus dem Gehirne heraustritt zu den Nerven und dann heraustritt in die Luft, wie ich das schon erwähnt habe, durch die Vermittelung der Kristallflüchtigkeit und durch die Lage der Eiweißfeuchtigkeit und durch die anderen Teile. Der Sehgeist verbindet sich mit der äußeren Luft und empfängt den Sehgegenstand (eine Handschrift fügt bei „durch Teilnahme des äußeren Lichtes").

„Darauf kehrt er zum zweiten Male zurück und macht einen Eindruck auf die Kristallfeuchtigkeit und vollendet so das Sehen".

Daß die Anschauung, daß das Sehen infolge von Strahlen, die von außen in das Auge dringen, stattfindet, bei den Arabern auch von weiteren Kreisen geteilt wurde, geht aus dem folgenden Vers hervor:

„Es wird gesammelt in dem Schwarzen (irgendein gepichtes Gefäß ist gemeint) wie Licht, auch das Schwarze im Auge sammelt die Strahlen."

Der Vers ist mir von Prof. Jacob mitgeteilt worden; er rührt von *Ibn Dânijâl* her, der im 13. Jahrhundert n. Chr. in Ägypten Schattenspieltexte schrieb.

5. Über einige physikalische etc. Eigenschaften des Goldes.

Neben anderen physikalischen Eigenschaften des Goldes bespricht *Dimeschqî*[2]) auch sein relatives Gewicht, es heißt bei ihm: Seine Schwere (*Raxânc*), nämlich das Gewicht (*Waxn*) seines Volumens (d. h. sein spezifisches Gewicht) unterscheidet sich

[1]) Die hierauf bezügliche Stelle von Galen in seiner Schrift von den Grundsätzen des Plato und des Hippokrates hat Hirschberg in seiner Geschichte der Augenheilkunde S. 173 mitgeteilt und besprochen und auf sie auch an der oben erwähnten Stelle hingewiesen.

[2]) Dimeschqî, arab. Text, S. 50, Übersetzung S. 54.

von demjenigen des Silbers und Kupfers, die leichter sind, und ebenso von den spezifischen Gewichten der übrigen Metalle.

Die Farbe des Goldes wird durch Salmiak (*Nûschâdir*) vermehrt und seine Zerbrechlichkeit durch die Ausdünstung des Bleies, und das Quecksilber haftet an ihm. (Mehren übersetzt: on facilite sa dissolution par le sel d'ammoniac et le vif argent.)

Auf die Angaben über den Schmelzpunkt und die elastischen Eigenschaften kommen wir gelegentlich zurück.

6. Zur Geschichte der Chemie.

a) Die Darstellung der Schwefelsäure durch Erhitzen von Vitriolen, die Wärmeentwicklung beim Mischen derselben mit Wasser und über arabische chemische Bezeichnungen.

Die Darstellung der Schwefelsäure durch Erhitzen von Vitriolen findet sich zuerst in den lateinischen Übersetzungen verschiedener Schriften Gebers, die aus dem 13. bezw. 14. Jahrhundert stammen und die wohl apokryph sind (vgl. S. 323). In Gebers Schriften, die arabisch erhalten sind, findet sich z. B. keine Erwähnung der Schwefelsäure. Daß dieselbe aber doch den Arabern bekannt war, geht aus Ausführungen bei *Qazwînî*[1]) hervor über die Vitriole (Sing. *Zâǵ* Plur. *Zâǵât*). Die Ausführungen über diese Mineralien sind wichtig, weil sie zeigen, wie die Araber zu ihren Anschauungen über die Zusammensetzung von Mineralien kamen[2]), und daß sie die Erwärmung der aus dem Vitriol beim Erhitzen entweichenden Schwefelsäure mit Wasser kannten. Es heißt bei Qazwînî:

Sämtliche Arten der Vitriole entstehen aus wässerigen und verbrannten erdigen Teilen, wenn sie auf das Innigste vermischt werden. Infolge der zunehmenden Hitze (Temperatur), die man in ihren dem Rauch ähnlichen Bestandteilen findet, wenn sie sich mit wässerigen Teilen vermischen, entsteht in ihr etwas Öliges, so daß sie für die Verflüssigung geeignet werden; deshalb wird im Vitriol Salziges, Schwefeliges und Steiniges gefunden.

Die beim starken Erhitzen von Vitriolen entweichende Schwefelsäure macht in der Tat den Eindruck von Rauch.

---

[1]) Arab. Text Bd. I, S. 226. Ruska, S. 23.

[2]) Auf diese wird später einzugehen sein.

In einer weiter unten mitgeteilten Stelle aus den Goldwäschereien des *Maṣʿûdî*[1]) ist auch von den Gerüchen (Dämpfen), die sich aus Vitriolen beim Sublimieren entwickeln und der Gesundheit schaden, die Rede.

Hiermit hängt auch die Beobachtung[2]) zusammen, daß, wenn man mit dem Vitriol räuchert (d. h. ihn erhitzt), die Mäuse und Mücken u. s. w. aus ihren Schlupfwinkeln vertrieben werden.

Um zahlreichen Irrtümern zu begegnen, sei erneut betont, worauf schon mehrfach, so auch von Ruska, hingewiesen wurde, daß die üblichen Übersetzungen der arabischen Ausdrücke, die ganze Klassen von Substanzen und einzelne derselben bezeichnen, sich durchaus nicht mit dem, was wir jetzt darunter verstehen, decken.

Um nicht unnütze Verwirrung anzurichten, sollte man in diesen Fällen lieber das arabische Wort in Transkription zu setzen und „sogenannter Alaun“ etc. schreiben. So ist es bei: *Milḥ* (übersetzt als Salz, was meist stimmt); (*Zaǵâǵ* (Glas); *Schabb* (Alaun); *Bauraq* (Borax); *Zâǵ* (Vitriol).

Besonders häufig wird *Nûschâdir*, das Salmiak bedeutet, mit Ammoniak übersetzt.

Auch bei dem Studium der hervorragenden Publikationen von Berthelot aus dem Gebiete der Chemie des Altertums und des Mittelalters ist die oben erwähnte Tatsache zu beachten, und zwar besonders bei der Übernahme von Resultaten, die in seinen umfangreichen Werken niedergelegt sind, in kürzere.

Eine große Schwierigkeit stellt sich bei der Identifizierung der mit einem bestimmten Namen bezeichneten Metalle, Mineralien, künstlich dargestellten Substanzen ein, weil die Araber oft mit demselben Wort mehrere Substanzen benennen. Selbst bei den Metallen wird von den Arabern *Raṣâṣ*, das in vielen Fällen sicher Zinn bedeutet, denn es zeigt einen „knirschenden Ton“, für Blei benützt und ist daher auch da, wo es sicher mit Zinn zu übersetzen ist, oft mit Blei übertragen worden. Ebenso schwankt

---

[1]) Maṣʿûdî, Pariser Ausgabe Bd. 8, S. 177. 1874.

[2]) Qazwînî, Arab. Text, S. 226. Ruska, S. 24. Ganz ähnlich heißt es bei Ibschîhî, franz. Übersetzung, Bd. 2, S. 371, arab. Text S. 130: Wenn man ein Haus mit geriebenem Vitriol räuchert, so fliehen aus ihm Mäuse und Mücken.

die Bedeutung von *el Kohl*, das Bleiglanz und Spießglanz bedeuten kann. Viel schlimmer ist es natürlich bei zahlreichen Steinen, Salzen u. s. w., wo oft eine Identifizierung fast ausgeschlossen ist. Bei den Edelsteinen sind die Bezeichnungen relativ sicher und lassen sich, da uns für sie spezifische Gewichtsbestimmungen vorliegen, kontrollieren. Auch die Übersetzungen für Realgar, Auripigiment und ähnliches sind gesichert.

Nur einem Mineralogen könnte es bei eingehendem Studium im Anschluß an die älteren Arbeiten, vor allem von Clement Mullet[1]), und nach sorgfältigster Vergleichung der arabischen Namen mit den griechischen etc. gelingen, in das Chaos mehr Ordnung zu bringen. Eine vollkommene Klärung ist aus den oben angeführten Gründen unmöglich. Dazu kommt noch, daß die Araber auch Steine mit wunderbaren Eigenschaften, die nur der Sagenwelt angehören, mitten unter den anderen aufführen.

Das Verständnis der alchemistischen Schriften des Altertums und des Mittelalters würde ferner in hohem Grade erleichtert, falls einmal die Bedeutung der Worte Sublimieren, Verfestigen etc., die sich nicht immer mit der ihnen von uns gegebenen deckt, durch eine eingehende Untersuchung festgelegt würde[2]).

Die in dem *Mefâtiḥ el Ulûm* von *el Chwârixmî*[3]), das aus dem 10. Jahrhundert stammt, gegebenen Definitionen denke ich demnächst in Übersetzung zu publizieren.

b) Astrologie und Alchemie.

Alchemie und Astrologie gingen bei den Arabern wie im christlichen Mittelalter Hand in Hand[4]). Einiges sei hier mitgeteilt.

Im Kapitel II seiner Kosmographie[5]) handelt *Dimeschqi* von den sieben Mineralien[6]) (Metallen) und den Edelsteinen

---

[1]) Clement Mullet, Essai sur la minéralogie arabe: Journal asiatique 6 ser., Bd. 11, S. 5, 109, 502. 1868.

[2]) Manches hierüber findet sich schon bei Kopp, Berthelot u. a.

[3]) C. Brockelmann Bd. 1, S. 244.

[4]) Über die Beziehungen der Himmelskörper zu den Metallen ist zu vergleichen die Abhandlung von J. Volhard, Zur Geschichte der Metalle, Zeitschrift für Naturwissenschaften Bd. 70, S. 37. 1897.

[5]) S. 48 des arabischen Textes und S. 52 der Übersetzung.

[6]) Mehren übersetzt turâb als Staub, es wird aber besser als Erde im Sinne von Mineralreich gefaßt.

und allem, was aus der Erde genommen wird. In dem ersten Abschnitt werden die Metalle besprochen, ihre Entstehung aus Schwefel und Quecksilber u. a. m.

Dann heißt es:

„Unter den Produkten, die sich von dem Erdboden durch ihre besonderen Eigenschaften auszeichnen, befinden sich die sieben Metalle (Mineralien) Gold, Silber, Kupfer, Eisen, *Châṛṣîni*[1]), Zinn und Blei, nach anderen nennt man als siebentes das Quecksilber[2]). Diese sieben Metalle haben die Eigenschaften der sieben leuchtenden Gestirne[3]) und nach der Behauptung der *Ṣabier* gleichen sie ihnen nach Farbe, Natur und den charakteristischen Eigenschaften."

Die oft bei astrologischen Problemen und auch sonst zitierten *Ṣabier* oder Johannischristen oder Mandäer in Babylonien haben in der Geschichte der Wissenschaften als Vermittler zwischen dem Altertum und den Arabern eine nicht unwichtige Rolle gespielt. Bei ihnen war viel altsemitisches Heidentum erhalten geblieben, das sich mit mathematischen und astronomischen Studien und neupythogoraeischer und neuplatonischer Spekulation verknüpfte. Mystische und astrologische Anschauungen waren bei ihnen stark entwickelt[4]).

Weiter heißt es bei *Dimeschqî*[5]) „Nach den Sabiern gehört das Silber dem Monde zu; nach *Ibn el 'Arabî*[6]) sind Gold und Silber die „großen Namen". Weiter heißt es: „In bezug auf die Metalle hat er die Anschauung, daß alle Metalle von den Häusern (den Tierzeichen), in denen die Planeten stehen, abhängen,

---

[1]) Das häufig vorkommende Châṛṣîni wird oft mit Zink übersetzt, doch ist dies nicht sicher. Später soll darauf zurückgekommen werden.

[2]) Dann fällt Châṛṣîni fort.

[3]) Nicht der sieben Planeten, (wie Mehren übersetzt), denn die Alten kannten nur fünf, Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn; die Siebenzahl wird durch Sonne und Mond erreicht.

[4]) Vgl. vor allem D. Chwolson, Die Ssabier und der Ssabismus. 2 Bde. St. Petersburg 1856. — Ferner T. J. de Boer, Geschichte der Philosophie im Islam, S. 19.

[5]) S. 51 des arabischen Textes und S. 56 der franz. Übersetzung.

[6]) Berühmter Mystiker, starb 1240; vgl. C. Brockelmann Bd. 1, S. 441 ff.

wie die beistehende Fig. 8 (sie ist dieser Kreis)[1]) zeigt; und Gott weiss es[2]). Sie enthält eine Darstellung ihrer Konjunktionen und ihrer Aspekte und der Orte, wohin die Strahlen fallen und der Strahlen des Lichtes ihrer Körper, wie es dargestellt ist.“ Die Bedeutung der Astrologie wird dann noch weiter ausgeführt.

Wir geben im folgenden eine Beschreibung der Figur, sie hat vielleicht Interesse, weil ähnliche sich sicher in abendländischen Schriften finden.

Um einen Mittelpunkt sind drei konzentrische Kreise gezogen, dadurch entstehen zwei Kreisringe, die einen vollen Kreis umgeben. Durch zwölf Radien ist das Ganze in zwölf Sektoren geteilt.

In dem äußeren Ring stehen die Namen der zwölf Zeichen des Tierkreises: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe[3]), Ähre[4]), Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische. Unter ihnen stehen die Metalle Eisen, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold, Quecksilber, Kupfer, Eisen, Zinn (*Qaṣdîr*), Blei (*Raṣâṣ*), Zinn[5]). Der innerste Kreis ist den Gestirnen zugeordnet. In den Sektoren des innersten Kreises, die dem Stier und Widder entsprechen, steht das Wort für Sonne und Mond, in denen, die der Wage und dem Skorpion entsprechen, Saturn. Parallel zu dem Durchmesser, der zwischen Wassermann und Steinbock hindurchgeht, und oberhalb desselben steht Saturn und Venus, unterhalb desselben Mars und Jupiter.

---

[1]) Die Figur ist unten beschrieben.

[2]) Mit dieser Wendung wird häufig eine gewisse Unsicherheit ausgedrückt.

[3]) Der Löwe gehört eigentlich zwischen Fische und Stier.

[4]) Gewöhnlich heißt das Sternbild *Ṣûrat el ʿAḏrâ* Bild der Jungfrau, oft aber nennen die Astronomen dies Sternbild *el Sunbula* (Ähre), und es ist auf vielen Globen als Ähre abgebildet (vgl. B. Dorn, Drei arabische astronomische Instrumente: Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg (7) Bd. 9, No. 1). — Das Zeichen der Jungfrau führt den Namen der Ähre nach der Ähre, welche die Jungfrau in der Hand hält (Ideler, Sternnamen, S. 168. Berlin 1809. H. Winkler, Himmels- und Weltenbild der Babylonier aus „Der alte Orient“, Bd. 5, Heft 2/3. S. 40. 1901).

[5]) Nicht das sog. Zink (Chârṣini), sondern das Quecksilber ist hier den Planeten zugeordnet.

c) Anschauungen der Araber über die Metallverwandlung und die Bedeutung des Wortes Al Kimijà.

a) Anschauungen der Araber über die Metallverwandlung.

In einer früher veröffentlichten Notiz habe ich[1]) für einige arabische Gelehrte deren Stellung der Alchemie gegenüber darzustellen gesucht; einige weitere Angaben mögen folgen. Die letzte Anregung zu einer erneuten Beschäftigung mit dieser Frage gaben einige Bemerkungen von de Boer[2]) über die Ansichten von *el Kindî* und *el Râzî*[3]).

Eine Stelle, in der die Auffassung dieser beiden Gelehrten, nebst zahlreichen anderen Ausführungen enthalten ist, findet sich in der Schrift „Die Goldwäschereien und die Fundgruben (Minen) der Edelsteine[4])". Das Werk stammt von *Abù el Ḥasan ʿAlî ben el Ḥosain el Maṣʿûdî*[5]) her, der etwa 956 n. Chr. gestorben ist. Zahlreiche Reisen lieferten ihm die Kenntnisse, die er in seinen Werken niederlegte. Sein Hauptwerk: *Achbâr el Zamân* etc. (Berichte der Zeit), auf das in der mitgeteilten Stelle verwiesen wird, hatte 30 Bände; nur ein kleiner Teil ist erhalten. Das von uns benutzte Werk ist ein Auszug aus demselben.

Maṣʿûdî schreibt[6]): In dem Buch „Berichte der Zeit" (*Achbâr el Zamân*) haben wir gehandelt über diejenigen, welche sich mit dem Werke der El Kimijâ[7]) befassen (d. h. mit der künstlichen Darstellung) von dem Gold und dem Silber und den Arten der Edelsteine,

---

[1]) E. Wiedemann, Wied. Ann. Bd. 14, S. 368. 1881; Sitzungsberichte der physikal.-med. Sozietät in Erlangen 1902, S. 45.

[2]) T. J. de Boer, Geschichte etc., S. 74 und 96 und T. J. de Boer: Stein, Archiv zur Geschichte der Philosophie Bd. 13, S. 153. 1899.

[3]) *El Fârâbîs* Anschauungen sollen bei der Veröffentlichung eines Traktates desselben über die Notwendigkeit der Alchemie mitgeteilt werden.

[4]) Das Buch handelt nicht von Mineralien, sondern gibt historische Darstellungen, es ist im Jahre 336 d. H. vollendet. Früher wurde es als „Goldwiesen" zitiert, „Goldwäschereien" dürfte aber richtiger sein; es stimmt das auch mit dem zweiten Teil des Titels.

[5]) J. Brockelmann Bd. 1, S. 143.

[6]) Maṣʿûdi, Les prairies d'or. ed. C. Barbier de Meynard, Bd. 8, S. 175. Paris 1875.

[7]) Unter die Bedeutungen von *El Kimijâ* vgl. w. u.

z. B. der Perlen u. s. w.; ferner über die Darstellung der Arten der Elixiere, z. B. des Elixier, das unter dem Namen Farrâr bekannt ist, u. s. w.; weiter über das Festmachen (*Iqâma*)[1]) des Quecksilbers und seiner Umwandlung in Silber u. s. w.; ferner über ihre [d. h. der Alchemisten] Betrügereien und Listen bei der Anwendung der Retorte und des *Anbîq* und der Destillation *(Taqṭîr)* und der Kalzination (*Taklîs*) und der Boraxarten und des Holzes und der Kohlen und der Blasebälge, weiter über die wunderbaren Erzählungen und die feinen Listen in dieser Hinsicht, ebenso wie über die Arten der Betrügereien und die dabei benutzten Kniffe. In dem erwähnten Buch haben wir auch berichtet, was sie (d. h. die Alchemisten) über diese Dinge erzählen von den Gedichten [die hierüber gemacht sind], und was sie auf Frühere zurückführen, nämlich die Griechen und die Byzantiner und die Königin Kleopatra und die Maria[2]). Was *Châlid ben Jezìd ibn Mu'âwija*[3]) hierüber gesagt hat, (er gehört zu den Vertretern dieser Kunst in älterer Zeit), findet sich in seinem Gedicht, in dem er sagt:

Nimm *Ṭalq* mit dem *Uschschaq*[4]) und das was man auf den Wegen findet[5]).
Und eine Substanz, die dem *Bauraq*[6]) gleicht und wäge es ohne einen Fehler zu machen.
Dann wenn Du Gott Deinen Herrn liebst, wirst Du zum Herrn der Schöpfung gemacht werden.

---

[1]) *Iqâma* bedeutet nach dem *Mafâtiḥ el 'Ulûm* (vgl. S. 342), S. 265: „Etwas über dem Feuer fest machen, ohne daß es verbrennt."

[2]) Über Kleopatra und Maria vgl. z. B. Kopp, Beiträge I, S. 402 und 411, sowie Berthelot an verschiedenen Stellen.

[3]) Über Châlid vgl. nach Ibn Chaldûn E. Wiedemann, Sitzungsber. d. phys.-med. Sozietät in Erlangen 1902, S. 47. — Auch Kopp u. Berthelot handeln über ihn.

[4]) Ṭalq bedeutet sowohl Glimmer wie Gyps; ersterer spielte wohl wegen seines leuchtenden Glanzes bei den Alchemisten eine große Rolle; vom Glimmer (Ṭalq) heißt es z. B. in den Mefâtîḥ el Ulûm S. 262: „Seine Arten sind der, der aus dem Meer, aus dem Jemen und vom Berge stammt. Wenn er zerbrochen wird, spalten sich sehr dünne Blättchen ab, die flimmern (leuchten)." *Uschschaq* ist das Harz mit dem Namen Gummi ammoniacum von der Pflanze Dorema ammoniacum, es ist wie alle Harze zum Teil flüchtig. Nie darf aber Uschschaq mit Ammoniak übersetzt werden. Über Bauraq (Borax) ist oben schon gesprochen.

Ja'qûb ben Isḥâq ben el Ṣubbâḥ el Kindî hat eine Abhandlung in zwei Kapiteln über diesen Gegenstand geschrieben. Er behandelt in ihr, daß es unmöglich ist, daß die Menschen das tun können, was die Natur dank ihrer Tätigkeit für sich allein bewirkt, und bespricht die Lügen und Kniffe der Vertreter dieser Kunst. Der Titel dieser Abhandlung lautet: Über die Nichtigkeit der festen Behauptung derer, die erklären, daß Gold und Silber noch in anderer Weise als aus ihren Fundgruben gewonnen werden könne. Diese Abhandlung hat im Widerspruch gegen el Kindî widerlegt (wörtlich vernichtet) *Abû Bekr Muḥammed ben Zakarjjâ el Râzî*, der Philosoph, der Verfasser des *Kitâb el Manṣûrî* über die Medizin, das aus zehn Kapiteln (Büchern) besteht. Aus seinen Ausführungen ergibt sich, daß das, was *el Kindî* gesagt hat, fehlerhaft ist, und daß zuweilen die Ausführung von diesem [wohl der Transmutation] glückt. *Abû Bekr ben Zakarjjâ* hat über diesen Gegenstand Werke verfaßt; von ihnen ist jedes einzelne für eine bestimmte Art der Rede über diese Kunst [also für jedes Gebiet der Alchemie] bestimmt. Die Werke handeln: Über die in Bergwerken (Minen) gefundenen Steine und über die Vegetation (Pflanzen) u. s. w. und z. B. über die Qualität (Modalität) der großen Werke (*A'mâl*) [der philosophischen Steine][1]). Das ist ein Kapitel (Gegenstand), über das die Menschen schon früher diskutiert haben, wie z. B. über das Werk von *Qârûn*[2]) und von anderen.

Wir aber, wir nehmen unsere Zuflucht zu Gott, damit wir uns nicht voll Leidenschaft mit dem beschäftigen, was das Gehirn vermindert und das Licht der Augen raubt und die Farben (die Gesichtsfarbe) bleich macht durch die Dämpfe bei den Sublimationen (*Taṣ'îda*) und die Gerüche (*Râiḥa*) der Vitriole und anderer unorganischer Dinge[3]).

---

[1]) Diese Bedeutung nach *Ibn Chaldûn*, Prolegomènes etc., übersetzt von Slane, Bd. III, S. 194.

[2]) *Qârûn*, der Korah der Bibel, hat von Moses Schwester die seine Gattin war, die Alchemie gelernt, so daß er das schlechteste Metall in Gold verwandeln konnte (vgl. auch G. Weil, Biblische Legenden der Muselmänner, S. 181. Frankfurt a. M. 1845). Er und seine Schätze werden im Talmud erwähnt, ferner im Qorân Sûre 20 v. 76, Sûre 29 v. 38, Sûre 40 v. 25.

[3]) Mit Recht macht de Boer auf die in den letzten Zeilen enthaltene Skepsis aufmerksam. *Maṣ'ûdî* gibt keinem Recht, er will aber nichts mit der Sache zu tun haben.

Über die oben erwähnten zwei hervorragenden Männer *el Kindî* und *el Râzî* sei nur einiges bemerkt. *El Kindî*[1]) (sein vollständiger Name ist oben gegeben) war der erste in der Reihe der großen arabischen Philosophen, von denen Dieterici sieben aufzählt; er starb nach 870.

Von *el Kindî* sind uns folgende Schriften gegen die Alchemie bekannt: Offenbarung der Betrügereien der Chemiker. — Über die Nichtigkeit der festen Behauptung der Bekenner der Kunst [der künstlichen Darstellung] des Goldes und des Silbers und über ihre Betrügereien (es ist die oben erwähnte Schrift).

Außer diesen polemischen Schriften hat aber *el Kindî* auch eine Reihe anderer naturwissenschaftlicher verfaßt, von denen chemische Fragen in den folgenden erörtert sein dürften.

Über das, was färbt, so daß es eine Farbe liefert. — Über die Chemie des Gewürzes. — Über die Arten der Edelsteine und ähnliches. — Über die Arten der Steine (die Edelsteine, und ihre Fundorte, die guten und die schlechten Edelsteine und ihre Preise). — Über die Gewürze und deren Arten. — Über das Glänzendmachen (*Talwîḥ*) des Glases. — Über die Entfernung der Zeichen (Flecken) von den Kleidern und anderen Dingen.

Aus dem oben zitierten Buch von *el Kindî* über die Edelsteine dürfte eine Stelle in *el Tîfâschî*[2]) stammen, der im Abschnitt über den Diamant (*Almâs* = adamas) folgendes anführt: „Über seinen Preis und Wert im Handel. Der Diamant, der ein *Qirâṭ* (Karat = etwa 0,22 bis 0,25 gr)[3]) wiegt, ist zwei Dînâre (= ca. 20 Mk. in Gold) wert[4]). *Ja'qûb ben Isḥâq el Kindî* erzählt, daß die Größe der Stücke, die man von diesem Steine

[1]) Zu el Kindî ist zu vergleichen Flügel, Al Kindî „der Philosoph der Araber". Abh. für die Kunde des Morgenlands Bd. 1, 1859. Flügel hat besonders den el Fihrist benutzt; F. Wüstenfeld S. 21, Nr. 57; C. Brockelmann Bd. 1, S. 209; J. T. de Boer, S. 90; H. Suter, Mathematiker S. 23. In diesen Werken sind auch die weiteren Hinweise enthalten. Leider ist von den unten erwähnten chemischen Schriften, soweit wir wissen, nichts mehr erhalten.

[2]) el Tifâschî, a. a. O., S. 25 d. arab. Textes, S. 32 der Übersetzung.

[3]) Dem Qîrât entsprechen verschiedene Gewichte.

[4]) M. Bauer, Edelsteinkunde, S. 293. Leipzig 1896, erwähnt auch die obige Stelle; er setzt aber ganz abweichend 1 Dinar = 60 Mk., so daß der Stein 120 Mk. gekostet hätte.

sieht, zwischen derjenigen eines Senfkornes und derjenigen einer Wallnuß liegt, und daß man keine sieht, die größer als die letztere sind. Findet man ein großes Exemplar, das für einen Ring geeignet ist und das $^1/_2$ Miṭqâl (etwa 2,2 gr) wiegt, so ist sein Wert viermal doppelt [d. h. sechzehnmal] so groß" als der Wert eines Steines von der Größe eines Senf- (*Chandâl*) oder Pfefferkornes (*Filfil*)."

Zunächst ist zu bemerken, daß das Wort „Sentkorn" wohl später eingeschoben ist, da es weit kleiner als das Pfefferkorn ist. Das Volumen von 2,2 gr Diamant ist etwa 0,6 ccm, das des Pfefferkornes etwa 0, 1 ccm, so daß der Preis des etwa sechsmal größeren Steines sechzehnmal so groß ist als derjenige des kleineren. Entsprechende Preisverhältnisse finden sich in der Jetztzeit.

Während *el Kindî* selbst ein Gegner der Alchemisten war, war ein Schüler, nämlich *Dubeis*[3]) ein Anhänger derselben. Sein vollständiger Name war *Abû Muḥammed ben Jexîd*, während er unter den Namen *Dubeis* bei denen, die sich mit der Alchemie (der Kunst) und den äußeren Werken[4]) beschäftigen, bekannt war. Im Fihrist sind von ihm zwei Schriften zitiert, die eine mit dem nichtssagenden Titel „Zusammenstellung", die andere heißt „Herstellung der Farbstoffe (*el Aṣbâġ*) und der Tinten" (*el Ḥibr* und *el Midâd*). Der Titel erinnert an eine Schrift von el Kindî.

El Râzî[1]), dessen vollständiger Name oben gegeben ist, der *el Kindî* entgegentritt, war wohl der bedeutendste Arzt der früheren Zeit und das schöpferischste Genie der mittelalterlichen Medizin. Das oben erwähnte berühmte Werk *el Manṣûri* widmete er dem Sâmâniden *Abû Ṣâliḥ Manṣûr ben Isḥâq*. Später überreichte er demselben Fürsten ein Werk über die feste Begründung der Chemie (*Kitâb Iṯbât el Kîmîjâ*). Als die mit seiner Unterstützung unternommenen Versuche, um die Richtigkeit der angegebenen Resultate zu prüfen, fehl-

---

[1]) Al Fihrist Bd. I, S. 359.

[2]) el A'mâl el barânîja; die Übersetzung ist nicht sicher, es kann sich auch um besondere philosophische Steine oder anderes handeln.

[3]) Vgl. zu el Râzî F. Wüstenfeld, S. 40, Nr. 98; C. Brockelmann, Geschichte der arab. Literatur, Bd. 1, S. 233; J. T. de Boer, z. B. S. 73; H. Suter, Mathematiker, S. 47.

schlugen, gab ihm der Fürst einen Peitschenhieb über den Kopf. Infolgedessen soll er erblindet sein. Nach einer weniger dramatischen Erzählung im Fihrist soll *el Râzî* durch den Genuß von Bohnen erblindet sein. Jedenfalls war es, wenn der erste Bericht richtig ist, ein trauriges Geschick, das diesen Mann, der als Arzt so großes geleistet hatte und offenbar aus voller Überzeugung an die Verwandelbarkeit der Metalle glaubte, betroffen hat. Er starb 932. Bei einer späteren Besprechung von alchemistischen Werken von *el Râzî* werden wir seine experimentelle Behandlung chemischer Probleme zu behandeln haben.

Die Schrift von *el Râzî* gegen *el Kindî* trägt nach dem Fihrist den Titel: Widerlegung *el Kindî's* in bezug auf dessen Schrift „Widerlegung der Kunst".

Von *el Râzî* führt Wüstenfeld eine ganze Reihe von chemischen Werken an, von denen die folgenden sich mit einer Polemik gegen diejenigen wenden, die sie bezweifeln: Bekräftigung der Kunst der Alchemie und daß man der Möglichkeit, diese Kunst zu entdecken, näher sei als der Unmöglichkeit (50). Widerlegung von *el Kindî* (150).

Titel anderer chemischer Schriften finden sich noch in Wüstenfeld, Nr. 36., 142—149. Erhalten ist uns von *el Râzî* eine Schrift, Das Buch[1]) der Geheimnisse, mit der vielleicht identisch ist Das Buch des Geheimnisses der Kunst[2]). (Im Fihrist (S. 318) sind u. a. zwei Werke aufgeführt, Das Buch der Geheimnisse und Das Buch Geheimnis der Geheimnisse; die Titel der meisten anderen sind nichtssagend).

Wie die alten Araber von der Alchemie dachten[3]), zeigt auch ein Spruch des *Abû Jûsuf* (gest. 798) „Wer die Sterne sucht [also Astrologie treibt], ist nicht sicher vor Ketzerei, und wer die Kimijâ sucht, ist nicht sicher vor Verarmung" und ein arabisches Sprichwort: „Drei können durch drei nicht erlangt werden, Jugend durch Schminke, Gesundheit durch Arzneimittel, Vermögen durch *Kimijâ*.

Ein Bild von den Anschauungen vieler Orientalen in der

[1]) Katalog der Leipziger Stadtbibliothek 509 Code 266. Über diese Schrift wird später in einer besonderen Arbeit zu handeln sein.

[2]) Escorial. 828_2 888_2.

[3]) J. Gildemeister, Zeitschr. d. D. M. G. Bd. 30, S. 134. 1876.

Neuzeit, daß die Alchemisten reichlich Schwindel treiben, gibt[1]) das lustige Drama von Feth ʿAlî Achondzâde, „Der Kimijager, d. h. der Alchemist". Es ist in der Mitte des vorigen Jahrhunderts verfaßt.

Wenn jetzt noch nach Snouck Hugronje[2]) in Mekka Alchemisten existieren, so hat das seine Parallele in der Tatsache, daß es in Deutschland noch am Anfang des vorigen Jahrhunderts Anhänger dieser „Kunst" gab.

Bei diesen Mekkanern gilt es als „Gewohnheit" Gottes, ein Metall nicht in ein anderes übergehen zu lassen; sie meinen aber, er könnte doch einmal von ihr abweichen, wie bei dem Stab des Moses, der sich in eine Schlange verwandelte.

Wir sehen aus diesen Mitteilungen erneut, daß bei den alten Arabern zwei große Strömungen vorhanden waren, von denen die eine die Möglichkeit des großen Werkes, der Metallverwandlung, als sicher annahm, die andere sie leugnete.

β) Bedeutung des Wortes *el Kîmîjâ*.

Das Verständnis mancher Stellen in alchemistischen Schriften dürften die folgenden Angaben von Gildemeister[3]) erleichtern.

Nach ihm ist bei den Arabern ursprünglich *Kimîjâ* nicht ein Abstraktum, sondern der Name einer Substanz, durch welche die Metallverwandlung bewirkt wird; es ist synonym mit *Iksîr*; die Alchemie als Disziplin heißt Verfertigung der Kimîjâ oder Verfertigung des Iksîr und Wissenschaft von der Verfertigung der Kîmîjâ. Ganz entsprechend spricht man vom Suchen bezw. Herstellen des Iksîr oder der Kîmîjâ. In diesem Sinne wird das Wort auch noch im Lateinischen im Mittelalter benutzt. Später bezeichnet dann auch el Kîmîjâ die Wissenschaft selbst und mit einem davon abgeleiteten Wort die sich mit ihr beschäftigenden Chemiker. J. Gildemeister leitet mit Fleischer Iksîr und damit el Iksîr von *ξήριον* ab und el Kîmîjâ von *χυμεία*[4]).

[1]) Vgl. G. Jacob, Türkische Volksliteratur. Berlin 1901. Eine Übersetzung findet sich im Journal asiatique, 8. Serie, Bd. 1, S. 5. 1886.

[2]) Snouck Hugronje, Mekka, Bd. 2, S. 215. Haag 1889.

[3]) J. Gildemeister, Zeitschr. d. D. M. G. Bd. 30, S. 534. 1876.

[4]) Über den Gebrauch der Worte vgl. noch Firdôsî in Vullers, Chrestomathia Schahnamiana III, v. 86; IV, v. 252.

Inhalt.

	Seite
James, J., Die Abraham-Lemoinesche Methode zur Messung sehr kleiner Zeitintervalle und ihre Anwendung zur Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit der Entladung in Entladungsröhren	1
Veit, J., Über ein Weihgeschenk aus Veji	43
Jordis, E., Neue Gesichtspunkte zur Theorie der Kolloide	47
Hofmann, J., Über die Emission von Oxyden	108
Gutbier, A., Zur quantitativen Bestimmung des Tellurs	130
Gutbier, A., und Resenscheck, F., Über die jodometrische Bestimmung der Tellursäure	138
Fleckenstein, A., Eigenschaften von Salzlösungen in Gemischen von Alkohol und Wasser	143
Heim, L., Das Muzin der Milzbrandbazillen	173
Henrich, F., Untersuchungen über die Wiesbadener Thermalquellen und ihre Radioaktivität	177
Heim, L., Der Reinlichkeitszustand künstlicher und natürlicher Mineralwässer	200
Fuchs, R. F., Experimentelle Untersuchungen über die Totenstarre	206
Schilling, Th., Prüfung der Nierenfunktion nach Nephrektomie	213
Zander, En., Der Stilplan des männlichen Genitalapparates der Hexapoden	218
Schridde, H., Über den angeborenen Mangel des Wurmfortsatzes des Menschen	221
Preu, W., Das Abwasser von Erlangen und die Regnitz an der Einmündung des Hauptsiels	223
Wiedemann, E., Studien zur Geschichte Galileis	273
Rosenthal, W., Versuche über die Erzeugung hochwertiger Agglutinationssera und über die Beziehungen zwischen Bakterien und Agglutinin	292
Jamin, F., Über die Atrophie gelähmter Muskeln	300
Hauser, G., Über die Anwendung der Kapillarmethode bei der biochemischen (Uhlenhuthschen) Blutuntersuchung für forensische Zwecke	307
Wiedemann, E., Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften	309

41C
30